

平成 31 年度

省 CO2 型リサイクル等設備技術実証事業

ハイブリッド車用リチウムイオン電池の
リマニュファクチャリング検証事業

報告書

令和 2 年 2 月 28 日

株式会社リコー

要 約

パワートレインの電動化が進み新車販売台数における次世代自動車(ハイブリッド車:以下 HEV、電気自動車:以下 EV、プラグインハイブリッド自動車:以下 PHEV、燃料電池自動車:以下 FCV)の割合は年々増加している。近年、EV、PHEV の販売台数が伸びてきてはいるものの、まだまだ HEV の販売台数が圧倒的に多く、2018 年は EV、PHEV、FCV の合計が約 50,000 台に対して、HEV が約 1,432,000 台と 29 倍にあたる(一般社団法人次世代自動車振興センター資料)。また、自動車の平均使用年数(平均寿命)は 12~15 年という状況から、今後、廃車時の HEV から回収される車載電池の増加が見込まれている。

自動車の走行距離に応じて車載電池は劣化が進むが、HEV のリチウムイオン電池(以下 LiB)は EV と比較して劣化が小さいことが分かっており、比較的長距離を走行し長期間使用され廃車で回収された後も相当程度の余寿命を有する。しかし、LiB 搭載の HEV は、ライフサイクルの中で電池を交換する必要がほぼ無く、車載電池としてのリユースのニーズが無いいため車載以外の循環利用の探索が必要である。

上記背景から HEV の LiB を車載以外の定置用の製品にリマニュファクチャリングし、循環利用することで CO2 削減を図ることを本実証事業の目的とする。

使用済みの LiB を再利用するためには、以下の 4 つの課題がある。

第 1 の課題は、使用済み LiB を効率的かつ安全に輸送することである。廃車から回収された LiB を一度にまとめて輸送した方が効率は良いが、LiB は引火性のある電解液を含むため、大量に保管する場合や輸送する際に消防法など法規制に沿った安全対策が必要である。一度に輸送する LiB の量を減らして輸送する場合、輸送コストや CO2 排出量の増加につながるため、混載輸送等を活用した効率的かつ安全な輸送方法の確立が必要である。

第 2 の課題は、廃車時に HEV から回収された LiB の劣化のバラツキ把握とリユース基準の策定である。廃車時に HEV から回収された LiB は、その走行距離、使用年数、使用方法、使用環境等の違いから、新品の LiB と比較して性能にバラツキを持っていることが予想される。そのため、回収された LiB の状態把握及びリユースのための選別基準の策定が必要である。昨年度の実証事業で、LiB の状態バラツキ把握とリユース選別基準案を作成した。今年度は、使用済み LiB をより短時間で選別する評価技術の開発に取り組んだ。

第 3 の課題は、車から取り外した状態の LiB を複数接続し、定置用の蓄電システムとして制御する技術が必要である。HEV の LiB は EV の LiB と比較して電池容量が少なく、車以外の用途で利用するには外部電源からの充電が頻繁に必要となる。このため、定置用として外部電源に接続するとともに、電池容量を確保するためには LiB を複数接続し、同時に制御するための技術が必要である。昨年度の実証事業で、EV 急速充電器のアシスト電源としての蓄電システムにリマニュファクチャリングする検証を実施した。今年度は、蓄電システムのアシスト動作による系統電力を抑制する検証を実施した。また、三井不動産商業マネジメント(株)の協力を得て、フィールドでの実証を行った。

第4の課題は、使用済みLiBを用いた定置用蓄電システムとして、蓄電池付EV急速充電器のビジネスモデルの構築と経済合理性の成立である。現状のEV急速充電器は、その設置費用や維持費をユーザーからの利用料のみでは回収できず、国や地方自治体からの補助金の活用や税金が投入されていることが多い。こうした状況の中、EV急速充電器をより一層普及させるためには、初期投資の費用を軽減するとともに、蓄電池付EV急速充電器のユーザーメリットとオーナーメリットを明確にし、経済合理性の成り立つシステム構成及びビジネスモデルの構築が必要である。本年度は、ビジネスモデルの精緻化のため、ターゲット顧客をより具体的に絞り、EV充電器のみならずEV車両を含めたトータルでの経済合理性の確認とビジネスモデルを深堀した。EV充電器ならびにEVの普及には、企業向けの商用EVのラインナップ拡充や、社有車のカーシェアリングサービスの普及が課題となる。

上記、4つの課題に本実証事業で取り組み、以下の結果を得た。

本実証事業のライフサイクルアセスメントの試算結果より、蓄電池付EV急速充電器のシステム範囲において、新品のLiBを用いたケースと使用済みLiBを用いたケースとの比較を行い、使用年数の課題を明らかにした。使用年数が3年以上の場合、使用済みLiB活用が、新品LiBを活用するケースよりCO₂削減効果があることを確認できた。また、蓄電池付EV急速充電器の待機電力が課題であることが分かった。より一層のCO₂削減のためには、省エネ設計による改善が必要である。

第1の課題に対しては、使用済みLiBに対して、振動・落下試験と輸送試験を実施し、輸送効率・安全性を確認し、効率的かつ安全な輸送方法のより一層の改善をした。

第2の課題に対しては、使用済みLiBの劣化特性値を加速試験により得るとともに、リユースでの使用年数を見積もる寿命予測方法を構築した。また、蓄電電力量計測でなく、内部抵抗計測により劣化状態判定を可能にした。

第3の課題に対しては、充放電制御を確認した使用済みLiBを搭載したフィールド機を設計、製作し、蓄電システムのアシスト動作により系統電力を抑制可能なことを確認した。

第4の課題に対しては、使用済みLiBを用いた蓄電池付EV急速充電器のビジネスモデルを精緻化し、ターゲット顧客を深堀し、EV充電器だけでなくEV車両を含めたトータルコストでの経済合理性を確認した。

本実証事業を通じて、回収方法、使用済みLiBの制御技術、ビジネスモデルのそれぞれの側面において、事業を実現するための基本的な必要要件を実証し、CO₂削減効果とともに確認することができた。

今後は、事業実現に向けて、フリート・モビリティサービスの充実と複数企業のコンソーシアムによるEV化促進の牽引が重要となる。さらにユーザーであるEV利用者へのリユース蓄電池付EV急速充電器の利用メリットや社会的意義を認知させることが必要である。また、再製造に必要な技術開発や生産工程開発を行うとともに、回収から販売・保守までのビジネススキーム構築を行い、2025年までに本事業の実現を目指す。

Summary

Next-generation hybrid vehicles (hybrid electric vehicles [HEVs], electric vehicles [EVs], plug-in hybrid electric vehicles [PHEVs], and fuel cell vehicles [FCVs]) have been accounting for a growing share of total new vehicle sales over the years with the advancement of powertrain electrification. In recent years, although sales of EVs and PHEVs have been on the rise, HEVs still constitute the overwhelming majority of hybrid vehicle sales: of all the hybrid vehicles sold in 2018, approximately 1,432,000 units were HEVs—29 times more than the 50,000 units that were either EVs, PHEVs, or FCVs (Source: Next Generation Vehicle Promotion Center). Considering that the average use life (lifespan) of vehicles is 12 to 15 years, there is expected to be a surge in the number of on-board batteries that will be recovered from scrapped HEVs in the coming years.

Though on-board batteries will inevitably degrade with mileage, lithium-ion batteries (LiB) are known to undergo less degradation in HEVs than in EVs, and even relatively old batteries recovered from scrapped HEVs with significant mileage still retain a considerable amount of battery life. However, because LiBs almost never need to be replaced during the life cycle of HEVs, there is no demand for reusing them again as on-board batteries. Hence, it is necessary to explore other ways in which they can be reused.

In light of these circumstances, this verification project aims to remanufacture LiBs recovered from HEVs into stationary products (i.e. products not for in-vehicle use) with the aim of reducing CO₂ emissions.

The following four issues must be resolved in order for LiBs recovered from scrapped HEVs to be reused.

First, there is a need to transport recovered LiBs both safely and efficiently. While it would be most efficient to transport the LiBs all at once, the presence of flammable organic solvents inside LiBs requires safety measures to be implemented in accordance with laws and regulations such as fire safety laws (Fire Service Act) when the LiBs are stored or transported in large quantities. As reducing the quantity of LiBs transported at once would lead to higher transportation costs and greater CO₂ emissions, it is necessary to develop a safe and efficient method of transportation through utilizing strategies such as freight consolidation.

Second, there is a need to determine the varying levels of degradation of the recovered LiBs and to set standards for selecting LiBs suitable for reuse. Unlike new LiBs, recovered LiBs from scrapped HEVs can be expected to perform at different levels depending on factors such as mileage, usage time, usage methods, usage environment, etc. It is therefore necessary to determine what condition the recovered LiBs are in and to have a standard for determining whether they are reusable. In the verification project of the previous fiscal year, the varying

conditions of LiBs were determined and a criteria plan for sorting LiBs for reuse was drawn up. This fiscal year, efforts have been invested in the development of evaluation technology to sort recovered LiBs in a shorter time, according to the reuse sorting criteria of the previous fiscal year.

Third, there is a need to develop technology for multiple recovered LiBs to be linked together and controlled to operate as a single stationary battery system. LiBs used in HEVs have smaller capacities compared to LiBs used in EVs, so they must regularly be charged from an external power source if they are to be used for non-vehicular functions. Hence, it is necessary to develop the technology needed not only to connect the LiBs to an external power source but also to interlink and control multiple LiBs together at once. In the verification project of the previous fiscal year, a verification was carried out to remanufacture a power storage system as an assisting power source of rapid EV chargers. This fiscal year, a verification was carried out to reduce power from the grid through assistance of the power storage system. Furthermore, a field test was conducted with the cooperation of Mitsui Shopping Park LaLaport and Ebina.

Fourth, there is a need to formulate a business model for rapid EV chargers with a power storage function and to make it economically rational by producing stationary battery systems that utilize recovered LiBs. Current rapid EV chargers come with high installation and maintenance costs that cannot be recovered from user fees alone, and many are operated with the help of subsidies and taxes supplied by the state or municipalities. In view of this situation, in order to further boost the use of rapid EV chargers, it is necessary to formulate an economically rational system and business model that will not only reduce initial investment costs but also clarify the merits of using and owning rapid EV chargers with a power storage function. This fiscal year, in order to refine the business model, target customers have been narrowed down more specifically, the overall economic rationality of the system, including EVs as well as EV charges, was looked at further and the business model underwent further development. To popularize EV chargers and EVs, the issues are to expand the lineup of commercial EVs for companies and to popularize carsharing services for company-owned vehicles.

The four issues above were examined in this verification project. The results are as follows. The calculation results of the life cycle assessment conducted as part of this verification project revealed an issue pertaining to the usage time of the LiBs after cases were compared where the rapid EV chargers with a power storage function are run using new LiBs and recovered LiBs. It was found that using recovered LiBs used for 6 years or longer will have a greater effect on reducing CO₂ emissions than when new LiBs are used. It has also become evident that standby power for rapid EV chargers with a power storage function is an issue. In order to further reduce CO₂ emissions, it is necessary to make improvements through energy-saving design.

In addressing the first issue, vibration and impact tests and transportation tests were conducted to evaluate safe and efficient methods of transporting recovered LiBs. Improvements

were then made to make the method of transporting the LiBs more efficient and safer based on these tests.

In addressing the second issue, a deterioration characteristic value of recovered LiBs was obtained by way of an accelerated aging test and a life prediction method constructed for estimating usage time with recovered LiBs. Determining the deterioration state of recovered LiBs by measuring the internal resistance instead of measuring the amount of stored power has now been made possible.

In addressing the third issue, a field device equipped with a recovered LiB, of which the charge and discharge control system was verified, was designed and manufactured, and it was verified that power from the grid could be reduced through assistance of the power storage system.

In addressing the fourth issue, a business model proposal was refined for utilizing recovered LiBs to manufacture rapid EV chargers with a power storage function. Target customers were given further consideration and it was verified that this business would be economically rational at the total cost including not only EV chargers but also EVs.

Through examining aspects of the recovery method, the technology for controlling recovered LiBs, and the business model, this project verified the basic requirements for this business to be realized and also confirmed its positive effect on reducing CO₂ emissions.

Moving forward, in working towards realizing this business, it will be important to enhance fleet mobility services and lead the promotion of a shift to EVs by means of a consortium of multiple companies. It will be necessary to further promote recognition of the merits and social significance of using the recovered rapid EV chargers with a power storage function among users (i.e. EV users). Steps will also need to be taken by 2025 to develop the technology and production processes necessary for remanufacturing and to formulate a comprehensive business scheme that covers all aspects from the recovery process to sales and maintenance.

目次

第1編 実証事業.....	10
第1章 実証事業の背景・目的.....	11
第2章 実証事業の概要.....	11
(1) 実証事業の概要.....	11
(2) 実証事業の解決すべき課題.....	11
(3) 実証事業の目標.....	12
第3章 実施体制.....	13
第2編 ビジネスモデルの精緻化.....	14
第1章 昨年度検討のビジネスモデルの振り返り.....	16
(1) ビジネスモデル.....	16
(2) ターゲット顧客.....	17
(3) 提供価値.....	19
(4) 顧客の採算性検証.....	19
第2章 ビジネスモデルの再検討.....	23
(1) 国内市場動向.....	23
(2) ターゲット顧客の深堀.....	30
(3) 顧客への提供価値.....	32
(4) 顧客の採算性検証.....	39
第3章 フィールド機のユーザーヒアリング.....	43
第3編 回収物流の実証.....	53
第1章 効率的で安全な輸送方法の検討.....	55
(1) 運搬・保管上の法令対応.....	55
(2) 輸送形態の設計と安全性検証結果.....	58
(3) 回収ルート及びトラック積載方法の検討.....	73
第2章 輸送方法の実証.....	85
(1) 短距離輸送の実証試験.....	85
(2) 長距離混載輸送の実証試験.....	89
(3) 輸送効率とコストシミュレーション.....	105
第4編 リチウムイオン電池の短時間選別.....	112
第1章 単セルの寿命評価.....	114
(1) 単セルの充放電繰り返し寿命評価.....	114
(2) 単セルのフロート充電寿命評価.....	116
第2章 単セルの耐用年数予測.....	118
(1) EV 充電器のアシスト電源としての運用条件.....	118
(2) 単セルの耐用年数予測.....	119

第 3 章 リユースバッテリーの短時間検査方法の検討.....	126
(1) はじめに.....	126
(2) 実験.....	128
(3) 結果および考察.....	129
(4) 結論.....	134
第 4 章 直列組電池の短時間検査方法.....	136
(1) HEV 用の LiB パック.....	136
(2) 組電池の特性評価.....	139
(3) 直流内部抵抗法による評価.....	140
(4) 交流インピーダンス法による評価.....	142
(5) 結論と今後の展開.....	145
第 5 編 フィールド機検証.....	150
第 1 章 フィールド機構想.....	151
(1) フィールド機構想.....	151
(2) フィールド機用 LiB 特性評価.....	159
(3) フィールド機に係る法令及び設置工事.....	165
第 2 章 EV 急速充電器へのアシスト動作の実証.....	171
(1) 試験車両と EV 電池残容量.....	171
(2) アシスト動作実証実験①(低容量バッテリー車).....	172
(3) アシスト動作実証実験②(中容量バッテリー車).....	175
(4) アシスト動作実証実験③(大容量バッテリー車).....	178
(5) 検証結果の考察.....	181
第 6 編 LCA 評価及び CO ₂ 削減量試算.....	183
第 1 章 循環回収物流活用による CO ₂ 排出削減効果.....	184
(1) CO ₂ 排出削減シナリオ.....	184
(2) 循環回収物流のバウンダリー.....	185
(3) 循環回収物流活用による CO ₂ 排出削減量.....	187
第 2 章 回収 LiB の循環利用による定置用システムの CO ₂ 排出量削減効果.....	190
(1) CO ₂ 排出削減シナリオ.....	190
(2) 循環利用の本システムのバウンダリー.....	191
(3) 循環利用による CO ₂ 排出削減量.....	192
第 7 編 今後の見通し.....	200
第 1 章 経済的実現性.....	201
(1) 横軸展開.....	201
(2) 出口戦略.....	201
第 2 章 技術的実現性.....	201
(1) 使用済み LiB の評価技術開発.....	201

(2) 系統電力抑制効果.....	201
第 3 章 環境負荷低減効果.....	202
第 4 章 今後の課題.....	202
(1) ビジネスモデル.....	202
(2) 回収物流.....	202
(3) 短時間選別.....	202
(4) フィールド機.....	202
第 5 章 今後の事業計画.....	203

第 1 編 実証事業

第1章 実証事業の背景・目的

パワートレインの電動化が進み新車販売台数における次世代自動車(ハイブリッド車:以下 HEV、電気自動車:以下 EV、プラグインハイブリッド自動車:以下 PHEV、燃料電池自動車:以下 FCV)の割合は年々増加している。近年、EV、PHEV の販売台数が伸びてきてはいるものの、まだまだ HEV の販売台数が圧倒的に多く、2018 年は EV、PHEV、FCV の合計が約 50,000 台に対して、HEV が約 1,432,000 台と 29 倍にあたる¹⁾。また、自動車の平均使用年数(平均寿命)は 12~15 年という状況から、今後、廃車時の HEV から回収される車載電池の増加が見込まれている。

自動車の走行距離に応じて車載電池は劣化が進むが、HEV のリチウムイオン電池(以下 LiB)は EV と比較して劣化が小さいことが判っており、比較的長距離を走行し長期間使用され廃車で回収された後も相当程度の余寿命を有する。しかし、HEV のライフサイクルの中では電池を交換する必要がほぼ無く、車載用としてのリユースのニーズが無いため車載以外の循環利用の探索が必要である。

本実証事業は上記背景から HEV の LiB を車載以外の定置用の製品にリマニュファクチャリングし、循環利用することで事業の実現性、経済性を検証するとともに、事業の効果として CO2 削減効果が得られるか検証することを目的とする。

第2章 実証事業の概要

(1) 実証事業の概要

廃車など使用済み HEV から取り出された LiB を回収し、定置用の製品にリマニュファクチャリングするビジネスモデルを構築する。ビジネスモデルを実現するために、効率的かつ安全に回収輸送を行う回収物流方法の構築と、使用済み車載 LiB の劣化状態を把握したリユース基準を策定し、定置用の蓄電システムとして制御する技術の実証を行う。本ビジネスモデルとした、使用済み LiB を用いた蓄電池付 EV 急速充電器について、車載 LiB の制御情報を有した自動車メーカー(本田技研工業株式会社)や EV 充電器と蓄電システム技術を有した電源制御メーカー(ニチコン株式会社)とともに、使用済み LiB の制御技術の実証を行い、事業実現性を検証する。

CO2 排出削減効果については、新品電池を用いた蓄電池付 EV 急速充電器をベースラインとし、本実証のリユース蓄電池付 EV 急速充電器を比較したライフサイクルアセスメント(以下 LCA)を実施し、本実証の CO2 排出削減効果を示す。

(2) 実証事業の解決すべき課題

1) 使用済み LiB の効率的かつ安全な輸送方法の確立

廃車から回収された LiB を一度にまとめて輸送した方が効率は良いが、LiB は引火性のある電解液を含むため、大量に保管する場合や輸送する際に消防法に沿った安全対策が必要であ

る。一度に輸送する LiB の量を減らして輸送する場合、輸送コストや CO2 排出量の増加につながるため、混載輸送等を活用した効率的かつ安全な輸送方法の確立が必要である。

2) 使用済み LiB をより短時間で選別する評価技術

廃車時に HEV から回収された LiB は、その走行距離、使用年数、使用方法、使用環境等の違いから、新品の LiB と比較して性能にバラツキを持っていることが予想される。そのため、昨年度は回収された LiB の状態把握及びリユースのための選別基準を策定した。今年度は、使用済み LiB をより短時間で選別する評価技術の開発に取り組んだ。

3) 使用済み LiB を定置用蓄電システムに活用し系統電力を抑制する技術実証

HEV 用の LiB は EV 用の LiB と比較して電池容量が少ない。一方で、瞬発的な高出力には長けている。よって、HEV 用の使用済み LiB を再利用しようとした場合、電気を大量に溜めるよりも、短時間のアシスト機能に適している。そのアシスト機能で、系統電力を抑制し、確実に電力ピークカットする技術が必要である。

4) 使用済み LiB を用いた蓄電池付 EV 急速充電器のビジネスモデル構築と経済性の成立

現状の EV 急速充電器は、導入費用や維持費をユーザーからの利用料のみでは回収できず、国や地方自治体からの補助金の活用や税金が投入されていることが多い。こうした状況の中、EV 急速充電器をより一層普及させるためには、初期投資の費用を軽減するとともに、蓄電池付 EV 急速充電器利用者メリットと設置者メリットを明確にし、ビジネスモデルの構築と経済合理性の成立が必要である。今年度は、昨年度の検討をベースに、ターゲット顧客と提供価値の深堀を実施し、EV 充電器だけでなく EV を含めたトータルコストでの経済合理性を確認する。

上記 4 つの解決すべき課題に取り組み、本実証事業の LCA の試算を行うことにより、CO2 削減効果を示す。

(3) 実証事業の目標

使用済み LiB の効率的な輸送システムの実証と、リユース蓄電池付 EV 急速充電器の実証とし、以下を目標とする。

- 使用済み LiB の効率的かつ安全な輸送の実証
- 使用済み LiB をより短時間で選別する評価技術の確立
- 使用済み LiB を用いたリユース蓄電池付 EV 急速充電器が、充放電コントロールならびに系統電力抑制できることの実証
- EV 充電器のみならず EV を含めたトータルコストでの経済合理性の確認と、EV ならびに EV 充電器の普及にむけたビジネスモデルの考察と課題の明確化
- 使用済み LiB を用いたリユース蓄電池付 EV 急速充電器の LCA 試算の完了

第3章 実施体制



図 1-1 事業の実施体制

Reference

- 1) 一般社団法人次世代自動車振興センター HP,
http://www.cev-pc.or.jp/event/pdf/J_all_panel.pdf

第2編 ビジネスモデルの精緻化

本編では、昨年度検討したビジネスモデルを振り返りながら、再検討しビジネスモデルの精緻化を行う。2017年のCOP23(国連気候変動枠組条約第23回締約国会議)においてCOP21で採択されたパリ協定を運用するためのルール作りをいっそう進めて行くことで合意された。各国が地球温暖化対策を促進し、中でも自動車は欧州や中国を筆頭にガソリンエンジンから電気駆動のモーターへ切り替えが進みつつある。日本でもその動きは加速しており、企業におけるEVへの対応の流れはCSRや経済的合理性の観点から必至と考えられ、日本企業でも具体的にEVを導入する企業の事例や発表が増えてきた。これらの事例をもとに、社会の変化の予兆を読み解きながら、昨年度検討したビジネスモデルのブラッシュアップを行った。ビジネスモデルでは特に重要な、“誰に(ターゲット顧客)”と“提供価値”について、深堀検討を実施した。また、顧客の経済合理性の確認については、EV充電器だけでなくEV車両も含めたトータルコストでの採算性を検証した。最後に、フィールド機実証でのユーザーヒアリングの結果を整理した。

第1章 昨年度検討のビジネスモデルの振り返り

(1) ビジネスモデル

昨年度は、廃車時に HEV から回収された使用済み LiB を再利用した蓄電池付 EV 急速充電器のビジネスモデルを作成し、本事業の顧客となる EV 充電器設置者の経済合理性について検証した。現状の EV 急速充電器では、売電事業としての事業採算性はないと言われている。初期投資となる充電器本体費用・設置工事費用に加え電気料金に保守費などの維持費を、EV・PHEV ユーザーからの充電利用料で回収することができない。EV 急速充電器をより一層普及させるためのユーザー・ベネフィットは何か、経済合理性はどうしたら成立するかなどを考察し、整理した。

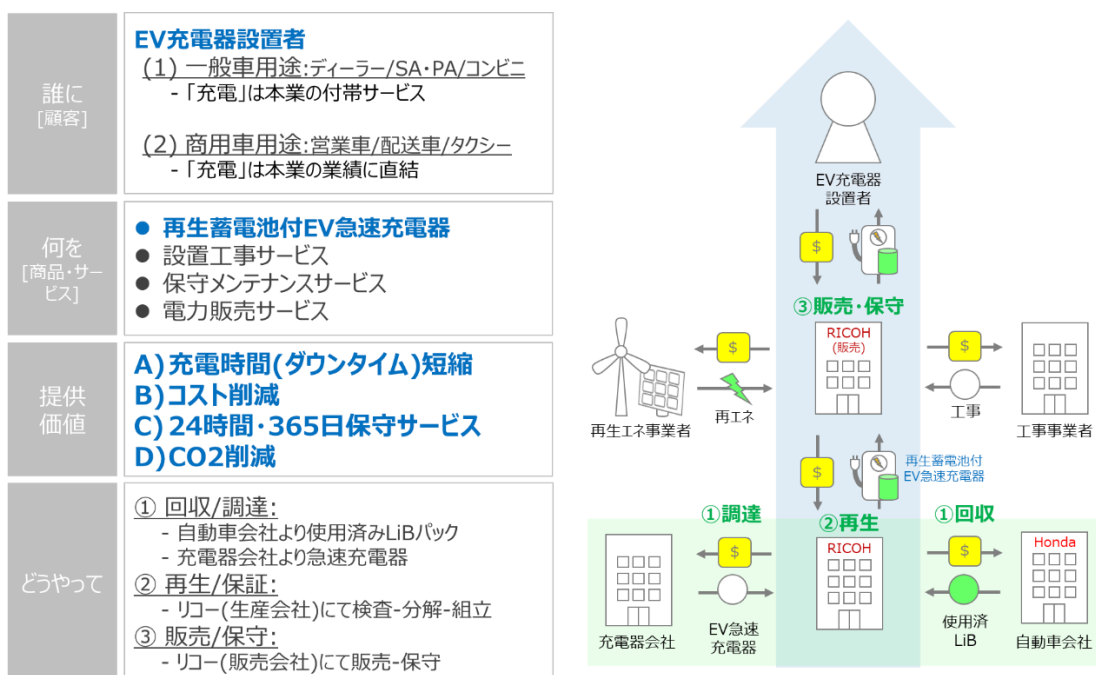


図 2-1 昨年度検討のビジネスモデル図

使用済み LiB を中心としたリユース・リサイクルの循環フローは図 2-2 に示した通りであった。廃車となった HEV から取り外された使用済み LiB を、ホンダグループとリコーグループの定期便を利用した共同回収物流で効率的かつ安全に、リコーグループの御殿場リユース・リサイクルセンター(以下、御殿場 RRC)に集約する。使用済み LiB を受入検査・選別をして、分解・診断・組立工程を経て、EV 急速充電器のアシスト用蓄電池としてリマニュファクチャリングする。EV 急速充電器とリユース蓄電池を組み立ててお客様へ提供する。また、リユース蓄電池付 EV 急速充電器としても廃棄となった再使用済み LiB は、本田技研工業が推進する高度リサイクルフローへと循環させ再資源化を目指す。

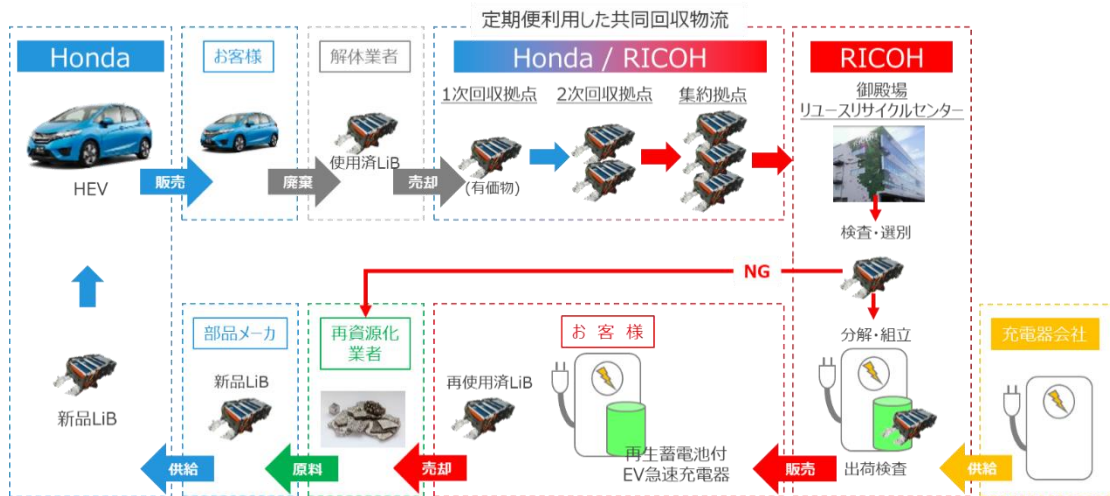


図 2-2 ビジネスフロー図

お客様へ商品・サービス提供をする窓口は、リコーグループのリコージャパンが担う。同社は、OA 機器の販売・保守を通じて、全国に 400 カ所以上のサービスステーションと、4,000 人以上のカスタマーエンジニアを有している。その全国網を活かし、EV 充電器の販売・施工・運用・保守までのトータルサポートをサービス提供している。

リコージャパンのEV充電器トータルサポート

<p>Point 1</p> <p>設計から運用・保守までサポート</p> <p>販売 導入のご相談</p> <p>施工 設置 / 施工 サービス</p> <p>運用 センターサービス</p> <p>保守 オンサイト サービス</p> <p>お客様のニーズに合わせた最適なプランをワンストップでご提供します。</p>	<p>Point 2</p> <p>EV充電器をリースでご提供</p> <p>EV充電器 設置</p> <p>保険 点検</p> <p>設置をはじめ、万一の際の保険、安心安全のための点検などをトータルでご提供します。</p> <p>さらにEVカーリース*もセットで導入可能</p> <p>*リコーリースにてご提供</p>
<p>Point 3</p> <p>センターサービスによる運用</p> <p>365日受付のコールセンターにて操作説明や修理手配など、運用についてもご相談をお受けします。</p>	<p>Point 4</p> <p>全国を網羅するリコージャパンのサービス体制で運用・保守をご支援</p> <p>サービスステーション 400カ所以上</p> <p>カスタマーエンジニア 4000人以上</p>

図 2-3 リコージャパンの EV 充電器トータルサポート¹⁾

(2) ターゲット顧客

図 2-4 に示すように、本事業の顧客である EV 充電器設置者は、一般車用途向けと商用車用途向けの 2 つに分けられた。前者は、カーディーラー・高速道路 SA/PA・コンビニなどで、その施

設利用者が顧客となる。公共充電とも言われ、すでに普及が進んでおり、今後は充電器の入替需要が望まれる市場と言える。一般車用途向け事業者の特性としては、「充電」は事業ではなく、本業の付帯サービスであるという認識が強い。後者は、営業車・配送車・タクシーなどの商用車用途向けである。職場充電に分類されるが、まだまだ普及はしていない。商用車用途向け事業者の特性としては、「充電」は本業の業績に直結するため、充電時間や効率性、車両と燃料費を含めたトータルコストでの経済合理性を求める。

顧客の特性・ニーズから、リユース蓄電池付 EV 急速充電器の提供価値は、特に商用車用途のニーズ充足に適していると推察した。

	一般車用途(設置者≠利用者)	商用車用途(設置者=利用者)
主要顧客	ディーラー 高速SA コンビニ	営業車 配送車 タクシー
特性	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 充電は顧客へのサービスであり、事業ではないので採算性が気にならない。競合商品よりもコストが安くなれば良い 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 充電は業績に直結。充電だけでなく、車両費を含めたトータルコストの採算性、利便性、プランディングなどで判断
設置者ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 集客効果・滞在時間延長効果を見込み、商業施設にEV充電器を設置 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ダウンタイム(充電時間)は最小化する必要あり ■ 高額な本体価格や高圧電源工事や電気料金から、急速充電器は敬遠 ■ 安価な普通充電器では、ダウンタイムが大幅に伸長するとともに、車両分の充電器が必要で敬遠
利用者ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ■ N/A (利用者ではないため) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EV車両価格の高さを敬遠 ■ ダウンタイム(充電時間)の長さを敬遠 ■ 航続距離の短さを敬遠 ■ ゼロエミッション(環境保全)の対応
採算性検証の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 急速充電器のコスト比較 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 車両・充電設備ならびに、給油・給電を含むトータルコスト比較

図 2-4 顧客のニーズと経済合理性への考え方

続いて、本事業の顧客の顧客となる EV 利用者について考えた。EV は、一般車用途よりも商用車用途の方が、利用者ニーズを充足し易いと言える。一般車用途では、外出や旅行などで突発的に遠出する可能性がある。一般ユーザーにとって、現状の EV の航続可能距離や充電インフラ整備状況では、十分に許容できるレベルとは言えない。一方で、商用車用途は移動範囲やルートが限定的であり、適切な配車によりニーズ充足が可能である。また、急速充電器を活用しながら充電タイミングや充電場所を最適化するなど日々のオペレーションで効率化できる部分が多い。

EV は当面、普通車からの普及が中心であると考えられるものの、商用車用途の小型車やトラック、バスも一部ラインナップ増加が見込まれている。海外では積極的な環境政策により EV 商用車の増加が見込まれつつある。商用車用途での EV 普及の可能性は無視できないと考えた。

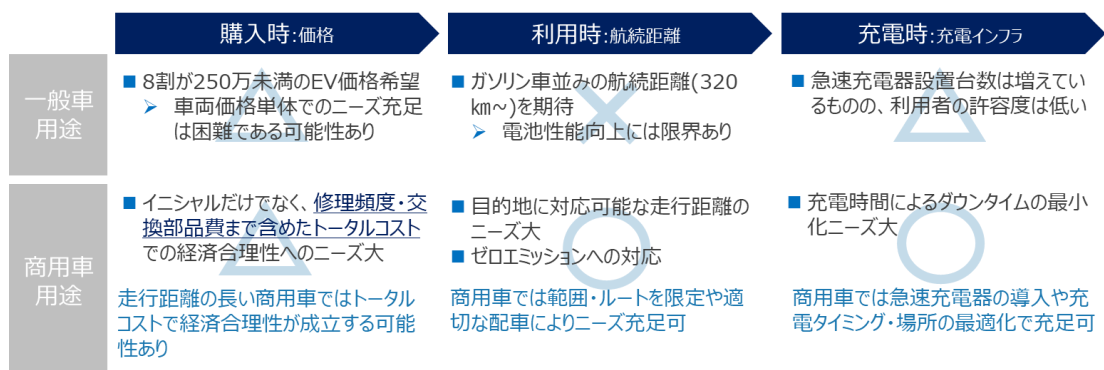


図 2-5 一般車用途・商用車用途における利用者の EV へのニーズ(リコー調べ)

(3) 提供価値

お客様への提供価値は大きく4つであった。1つ目は、リユース蓄電池のアシスト機能による充電時間(ダウンタイム)短縮である。2つ目は、コスト削減である。アシスト機能により系統電力のピークカットをすることでランニングコストを低減する。EV 急速充電器では高圧契約が必要になる場合があるが、系統電力のピークカットをすることで低圧契約に抑えるとともに、変圧設備の導入の必要性もなくなるためインシタルコストの低減にも効いてくる。加えて、リユース蓄電池を利用することで、さらなるインシタルコストの低減を図る。3つ目は、リコージャパンが提供するEV 急速充電器トータルサポートの保守メンテナンスサービスである。複写機事業で培ったリコーの保守サービス網で、全国 24 時間 365 日の保守メンテナンスサービスを提供することが可能である。現状、EV 急速充電器が故障した場合、修理までに長時間のダウンタイムが生じている。時には復旧までに数日かかる場合もある。商用車用途の企業にとっては、EV 充電器が故障しEV が使えないことはビジネスの機会損失に直結する。EV の商用車用途での普及には、保守メンテナンスサービスの充実が必要不可欠であると考えた。4つ目はCO2削減であった。廃車となったHEVの使用済みLiBパックをEV 急速充電器のアシスト用蓄電として蘇らせることで、CO2削減に貢献する商品である。廃車となったHEVの使用済みLiBパックを循環させ、次世代のEV・PHEV普及に確実に繋げていく。

(4) 顧客の採算性検証

EV 導入の経済合理性について簡単に試算した。国・地方公共団体による補助金を以ってしても、車両価格だけではEV 導入の経済合理性は成立しない。

車両単体での経済合理性は成立しないものの、燃費・電費を考慮すると走行距離が長くなるにつれてメリットが出てくる。一般車用途の年間平均走行距離:0.7万kmでは経済合理性は成立しない。しかし、営業車の年間平均走行距離:1.2万km(リコーグループの営業車実績値)まで走行距離が伸びてくると、わずかにメリットが出始めることが分かった。なお、電費に関してはNCS 充電システムの利用を前提に算出した。

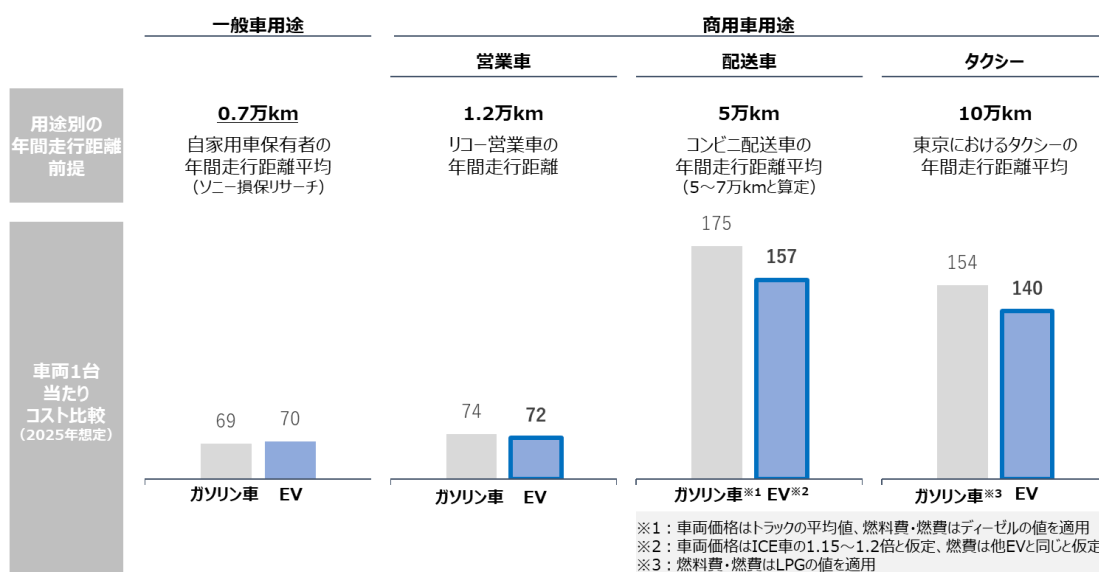
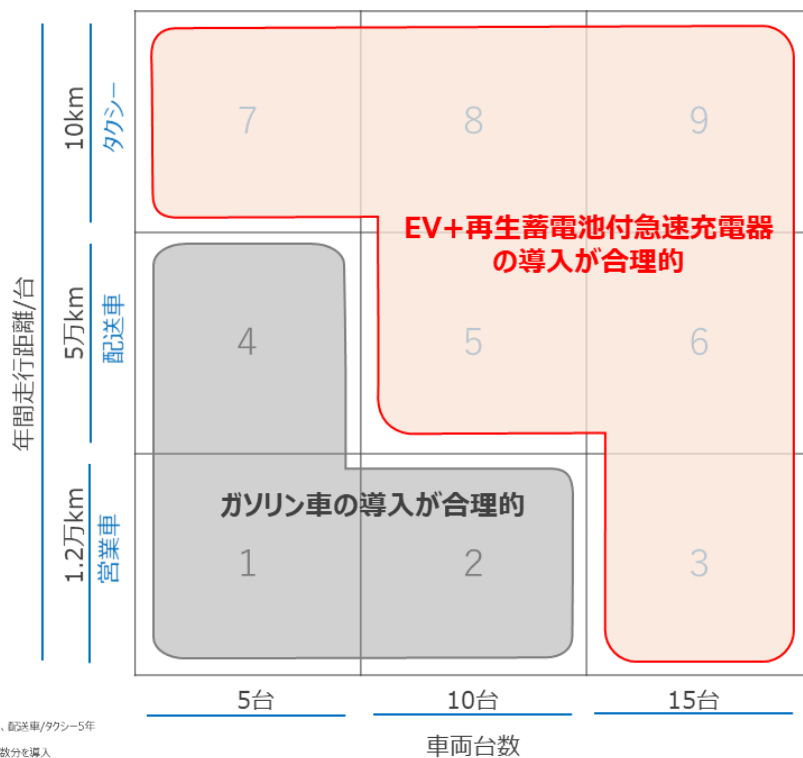


図 2-6 用途別の EV 導入コスト試算(車両 1 台当たりコスト比較)(リコー試算)

年間平均走行距離:1.2 万 kmの営業車であれば、ガソリン車よりも EV の方が経済性は高いことが分かった。一方で商用車用途では、車両価格と燃費・電費だけでなく EV 充電器の投資費用ならびに維持費を含めたトータルコスト比較が必要となる。車両台数と年間走行距離を変数にとり、「ガソリン車」・「EV+リユース蓄電池付EV 急速充電器」・「EV+急速充電器」・「EV+普通充電器」のどのパターンで、最も経済合理性が高いか試算をした。

シミュレーション結果は図 2-7 の通りであった。車両台数と年間走行距離が少ない場合には、「ガソリン車」の方の経済合理性が高くなる。車両台数や年間走行距離が大きくなってくると「EV+リユース蓄電池付EV 急速充電器」の経済合理性が高くなる。今回のシミュレーションでは、「EV+急速充電器」・「EV+普通充電器」の経済合理性が高くなるケースは生じなかった。

例えば、営業車を 10 台抱える小規模営業所は「ガソリン車」の方が合理的だが、営業車を 15 台以上抱える中規模以上の営業所になると「EV+リユース蓄電池付 EV 急速充電器」の合理性が高くなる。また、配送車では 10 台以上の配送車を抱える配送センターでは「EV+リユース蓄電池付EV 急速充電器」が合理的になり、タクシーでは 5 台以上から「EV+リユース蓄電池付EV 急速充電器」が合理的になる。



【試算前提】
 ・使用年数：営業車10年、配送車/タクシー5年
 ・補助金考慮する
 ・普通充電器はEV車両台数分を導入

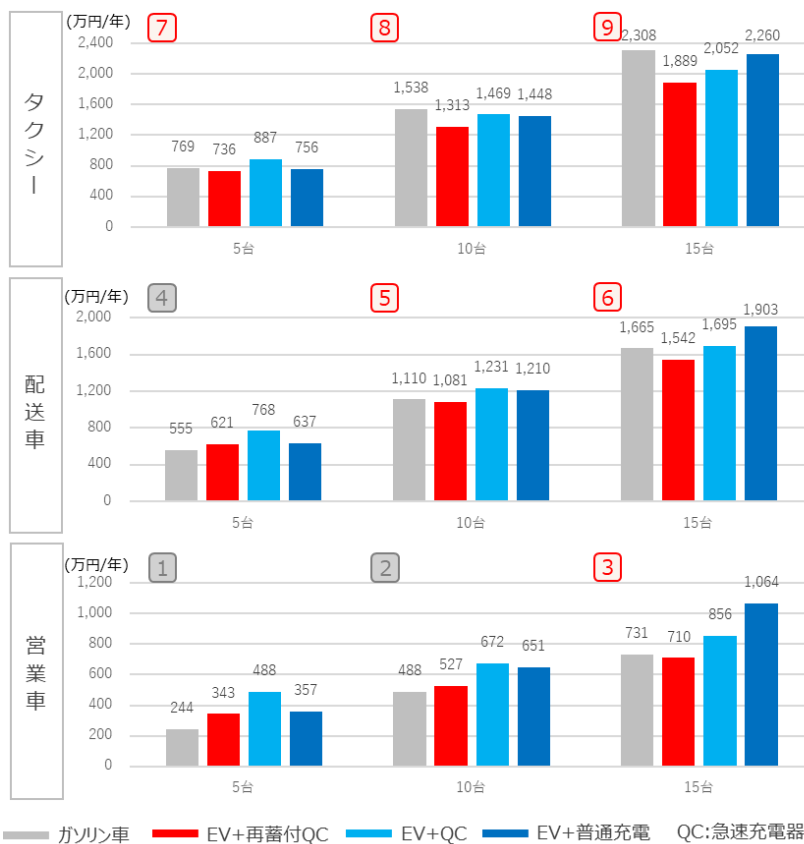


図 2-7 商用車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

昨年度のビジネスモデル検討を振り返ると、一般車用途向けの EV 充電器設置者(ディーラー、高速道路 SA/PA、コンビニ)に比べると、商用車用途向けの EV 急速充電の設置はまだ進んでいない。しかし、一方で、EV の特性(航続可能距離や充電インフラが限定的)を考えると、一般車よりも商用車の方が許容しやすい。採算面を見ても、年間 1.2 万km走行し 1 拠点に 15 台以上の商用車を抱える事業所であれば、ガソリン車よりも EV の方が経済合理性は高い。加えて、企業には社会的責任があり環境問題への対応は責務であり、特に商用車を多数抱える企業では、商用車の排出する CO2 削減は避けては通れない課題となっている。その動きは世界中で加速している。また、自動車メーカーも小型 EV、EV バスなど商用 EV の開発に取り掛かっており、商用 EV の普及に向けた変化の予兆が現れ始めている。

第2章 ビジネスモデルの再検討

(1) 国内市場動向

1) パリ協定、持続可能な開発目標(SDGs)

国連が、気候変動対策としての温室効果ガス削減の動きと並行して、気候問題をも包含した「持続可能な開発目標(SDGs)」を掲げ、日本国内でも広く浸透するようになってきている。これは履行義務が伴うパリ協定と違い、あくまでもあるべき姿を実現するための目標を示したものであるが、主要国を中心にそれを受け入れ、前向きに取り組もうとする動きが広がっている。街中を歩いていると、SDGsのシンボルマークであるカラフルなドーナツ型のピンバッチをスーツの襟に付けている人をよく見かけるようになった。

グローバル企業としても、持続可能な社会を実現するための行動規範である SDGs を尊重する姿勢を示さないと、消費者からの反発を招いたり、投資家が離反し資金調達コストが上昇するといった可能性も否定できない。その意味で、SDGs は温室効果ガス削減と並んで新しい「ブランド」になりつつあるとも言え、パリ協定とともに SDGs も考慮に入れた企業活動が重要と考えられる。

2) ESG 投資

CALPERS、HSBC 等の大規模機関投資家によって組成された気候変動イニシアチブの Climate Action 100+は、温室効果ガス排出量が大きいとみなした 100 社(うち日系 10 社)をリストアップ、気候変動に対する取り組みを求めた。その後、世界で 61 社追加、今後こうした取り組みが拡大し、ターゲットにされる企業は益々増える見通しである。



図 2-8 Climate Action 100+活動枠組みとリストアップされた日系企業²⁾

気候変動問題の顕在化に伴い、気候変動を巡る投資・金融関連のイニシアチブも年々増加しており、気候変動への対応が「社会的責任」から投融資にとっての「リスク」・「機会」に変化してきている。資産運用の際に、財務情報(業績)など目に見える価値だけでなく、環境(Environment)・社会(Social)・ガバナンス(Governance)などの非財務情報に配慮している企業に積極的に投資する、いわゆる ESG 投資が日本国内でも拡大している。企業評価に新たな視点が加わってきていると言える。

ESG投資：資産運用の際に、財務情報(業績)などの目に見える価値だけではなく、環境(Environment)・社会(Social)・ガバナンス(Governance)などの非財務情報に配慮している企業を行う投資

企業評価に新たな視点が加わってきている

急増する日本のESG投資残高

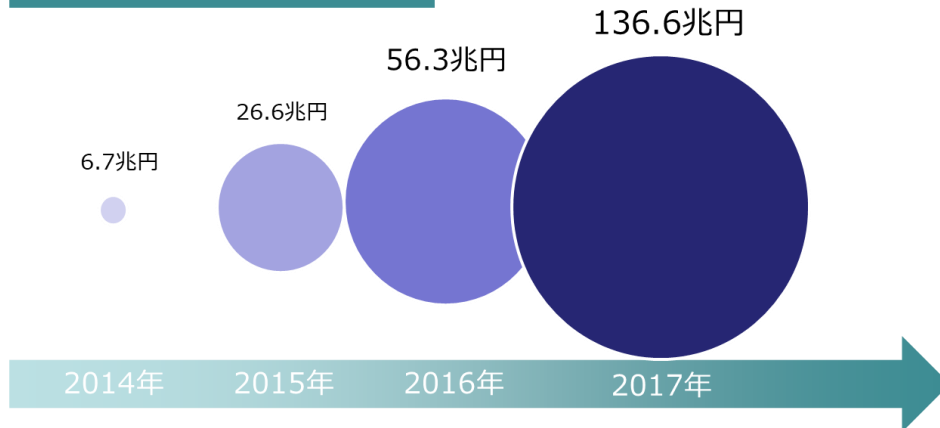


図 2-9 ESG 投資とは(リコー調べ)

3)RE100、EV100³⁾

企業に対する評価が多面化する中で、気候変動に関連する国際ビジネスイニシアチブに参画する企業が増えてきている。事業運営に必要なエネルギーを 100%再生可能エネルギーで調達することを目標に掲げる企業が加盟するイニシアチブ「Renewable Energy 100%」の頭文字をとって「RE100」。2014年に発足したRE100には、2019年12月4日時点で、世界全体で216社が加盟。日本でも、20社以上の企業が参画し、目標を掲げ取り組んでいる。リコーは、日本企業で初めてRE100に加盟し、使用電力を2050年までに100%、2030年までに少なくとも30%再生可能エネルギーで賄う目標を掲げ、事業活動を行っている。

2017年に発足した「EV100」は、企業による電気自動車の使用や環境整備促進を目指すイニシアチブである。「RE100」、「EV100」を主宰し、温室効果ガス排出量の削減に取り組む国際NPOのクライメイト・グループ(The Climate Group)によると、輸送ビジネスの温室効果ガス排出量は、エネルギー利用に関する全排出量の23%を占めるという。企業が輸送手段の電化に取り組むことは、輸送による大気汚染を抑えることにつながる。さらに、企業の需要喚起が電気自動車の急速な普及を促すとしている。

EV100への署名企業は、2030年を目標に、〈企業が直接保有またはリース保有する車両の電化〉、〈サービス契約に電気自動車の使用に関する規約を設ける〉、〈関連するすべての施設内に電気自動車用充電設備を設け、従業員の電気自動車利用を推進する〉、〈関連するすべての施設内に電気自動車用充電設備を設け、顧客の電気自動車採用を推奨する〉という項目の、少なくとも1つを公式にコミットすることが求められる。日本企業としては、イオンモール株式会社、アスクル株式会社、NTT日本電信電話株式会社、東京電力ホールディングス株式会社、株式会社高島屋の5社が加盟している。

表 2-1 日本国内の RE100 加盟企業と目標値(リコー調べ)

日本国内のRE100企業一覧

加盟順	企業名	目標	加盟順	企業名	目標
1	リコー	2030年30%、2050年100%	14	戸田建設	2040年50%、2050年100%
2	積水ハウス	2030年50%、2040年100%	15	コニカミルタ	2050年100%
3	アスクル	2025年80%、2030年100%	16	大東建託	2040年100%
4	大和ハウス	2040年100%	17	野村総合研究所	2030年36%、2050年100%
5	ワタミ	2035年50%、2040年100%	18	東急不動産	2050年100%
6	イオン	2035年50%、2050年100%	19	富士フイルムHD	2030年50%、2050年100%
7	城南信用金庫	2030年50%、2050年100%	20	アセットマネジメント One	2050年100%
8	丸井グループ	2025年70%、2030年100%	21	第一生命保険	2050年100%
9	富士通	2030年40%、2050年100%	22	パナソニック	2050年100%
10	エンビプロHD	目標2050年100%	23	旭化成ホームズ	2038年100%
11	ソニー	2030年30%、2040年100%	24	高島屋	2050年100%
12	芙蓉総合リース	2030年50%、2050年100%	25	フジクラ	2040年90%、2050年100%
13	コープさっぽろ	2030年60%、2040年100%			

4) 電動車活用社会推進協議会

EVの普及が、地球規模での気候変動対策や省エネの観点から急務であることが再確認される中で、2019年4月に経済産業省が、自動車メーカー、エネルギー企業、電動車活用を積極的に進める企業や地方自治体等とともに「電動車活用社会推進協議会」を立ち上げた。協議会は、電気自動車、プラグイン・ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の蓄電・給電機能を災害時に活用することや、エネルギーシステムの一部として活用することの社会的な期待が高まっており、「エネルギーインフラとしてのクルマ」の価値に着目し、社会インフラと一体となった電動車の普及を目指している。

2019年9月台風15号による千葉県大規模停電において、千葉県内の避難所や福祉施設等で、電気自動車が蓄電池として活躍したのは記憶に新しい。自治体による減災・防災対策や、企業によるBCP対策としての電気自動車の活用が注目されている。また、再生可能エネルギー活用のための蓄電池(V2B、V2H)や系統電力へのバーチャルパワープラント(VPP)としての価値も期待されており、エネルギー分散や地域社会のレジリエンス向上に繋がると言われている。⁴⁾

協議会には、「電動車活用促進WG」とともに、「車載用電池リユース促進WG」が設置されており、車載用電池の残存性能評価、電池リユース・リサイクル市場の創出について協議されている。リユース電池マーケットの創出に向けたユーザー企業とのマッチング、使用済み電池の共同回収による効率化、リユース設計を取り入れた電池の標準化など課題は多く、議論はこれからであるが、車載用電池をエネルギーシステム等で二次利用することで、車載用電池のLCAとともにライ

フサイクルコストも低減し、エネルギーシステムの再生可能エネルギー導入拡大や地域社会のレジリエンス向上に繋げることの社会的意義は大きい。⁵⁾

2020年2月5日時点で、協議会には事業者(103事業者)、自治体(18団体)、その他団体(15団体)の全136者が会員となっている。自動車関連企業、エネルギー関連企業はもとより、EVなどの電動車を活用しようと考えている企業、自治体も参加しているところに注目したい。各社の思惑はそれぞれあるにせよ、多くの企業が電動車の普及に関心を示していることは間違えない。電動車はエネルギーシステムとの連携が重要となるため、社会インフラ要素も強い。社会インフラの普及には、やはり企業が率先して牽引しなければならない面がある。電動車の普及には、企業の積極的な推進が必要不可欠である。

全136者 ※50音順

事務局	経済産業省・(一社)次世代自動車振興センター (2019年度委託事業者：みずほ情報総研)		オブザーバー	国土交通省		
事業者 (103事業者)	<ul style="list-style-type: none"> あいおいニッセイ同和損害保険 アスクル アユダンテ EVモーターズ・ジャパン イオンモール いすゞ自動車 イズミ車体製作所 出光興産 伊藤忠商事 岩谷産業 エイヴイエルジャパン エポリューション 大阪ガス オックス自動車 桂田モーターズ 川崎重工業 MC&Eカンパニー 関西電力 九州電力 京セラ ゴゴローボ JXTGエネルギー JFEテクノス JERA 四国電力 スズキ SUBARU 	<ul style="list-style-type: none"> 住友商事 住友電気工業 住友三井オートサービス 積水化学工業 積水ハウス セブンイレブン・ジャパン 損害保険ジャパン日本興亜 大京アステージ 大樹環境システム 大日本印刷 ダイハツ工業 タイヘン 竹中工務店 タジマモーターコーポレーション 中央電力 中部電力 デンソー 東京海上日動火災保険 東京ガス 東京電力エナジーパートナー 東京電力パワーグリッド 東京電力ホールディングス 東芝 東芝三菱電機産業システム 東北電力 東洋システム 	<ul style="list-style-type: none"> トヨタ自動車 豊田自動織機 豊田通商 ニチコン 日産自動車 日新電機 日東工業 日本製鉄 日本電気 日本エア・リキード 日本カーリレーションズ 日本充電インフラ 日本充電サービス 日本生活協同組合連合会 日本電信電話 日本郵便 野村不動産ホールディングス パーク24 パナソニック ピー・エム・ダブリュー 日置電機 日立製作所 日野自動車 ファミリーマート フォーアールエナジー 富士通 	<ul style="list-style-type: none"> 船橋総行 ポリシェジャパン 本田技研工業 マイクローテック マツダ 丸紅 みちのりホールディングス 三井住友海上火災保険 三井住友建設 三菱オートリース 三菱地所レジデンス 三菱自動車工業 三菱商事 三菱電機プラントエンジニアリング 三菱ふそうトラック・バス 明電舎 山崎製パン ヤマト運輸 ヤマハ発動機 UDトラックス 横河電機 ラピセミコンダクタ リコー リコー・ジャパン ローソン 		
地方自治体 (18団体)	<ul style="list-style-type: none"> 愛知県 いわき市 宇都宮市 	<ul style="list-style-type: none"> 大阪府 岡山県 神奈川県 	<ul style="list-style-type: none"> 北九州市 京都府 さいたま市 	<ul style="list-style-type: none"> 千葉市 東京都 鳥取県 	<ul style="list-style-type: none"> 豊田市 練馬区 浜松市 	<ul style="list-style-type: none"> 山口県 横須賀市 横浜市
その他団体 (15団体)	<ul style="list-style-type: none"> 産業技術総合研究所 新エネルギー・産業技術総合開発機構 CHAdEMO協議会 電気安全環境研究所 電気自動車普及協会 		<ul style="list-style-type: none"> 電池工業会 電動車輻推進サポート協会 電動車両用電力供給システム協議会 日本EVクラブ 日本自動車研究所 	<ul style="list-style-type: none"> 日本自動車工業会 日本自動車販売協会連合会 日本自動車輸入組合 日本商工会議所 燃料電池実用化推進協議会 		

図 2-10 電動車活用社会推進協議会 参加メンバー一覧(2020年2月5日現在)⁶⁾

また、前章で述べたように、EVは一般車用途よりも商用車用途の方が、利用者ニーズを充足し易いと言える。商用車用途は移動範囲やルートが限定的であり、適切な配車によりニーズ充足が可能である。また、急速充電器を活用しながら充電タイミングや充電場所を最適化するなど日々のオペレーションで効率化できる部分が多い。企業が社有車を積極的に電動化できるように、今後、フリート・モビリティサービスの充実が必要不可欠である。フリート向け電動車のラインナップ拡充、LCAやCO2排出量削減効果の明示、企業が大規模に導入する際の補助金制度、電動車利用のオペレーション効率化などの協議が必要になる。

5)先進企業の動向

ここで、社有車・商用車の電動化に積極的に取り組む先進企業の事例を確認する。

(アスクル株式会社)⁷⁾

アスクルは、EV100 への加盟により、2030 年までに使用する配送用車両を全て EV 化することを発表。第一弾として、物流センター運営と配送を行う子会社アスクルロジストの配送用車両約 200 台のうち 12 台に日産自動車の EV「e-NV200」を導入。世田谷デポと新木場物流センターの 2 カ所に配備。導入に合わせて両拠点には EV 充電器を設置。1 回の充電で 190km の走行が可能であり、1 日分の配送距離を 1 回の充電で賄えるため、運転手が日中にガソリンスタンドへ寄る手間をなくすことができ、負担軽減の効果もある。

(日本郵便株式会社)⁸⁾

日本郵便は、郵便物の配送に電気自動車(EV)を本格導入している 2019 年 9 月現在、全国の郵便局に EV を 72 台配備している。今後、2020 年度末までに、東京都を中心とした近距離エリアにおいて郵便物や荷物の配送時に使用する軽自動車 1,200 台を、ガソリン車から EV に切り替える。1 日の走行距離が多くて 50km 程度の運用になる業務で使用する。EV は三菱自動車の軽四駆車「ミニキャブ・ミーブ・バン」で 16kWh のバッテリーを搭載しており、1 度の充電で 150 km(JC08 モード)走れる。1 日の走行距離が 50km ほどとしたのは、ベース車 1 回の充電で走行できる距離が 150km(JC08 モード)に対して、ストップ・アンド・ゴーの多い配送車という特性を考慮している。配備した郵便局では EV1 台につき 1 基の普通充電設備を設置し、充電は夜間に行なう。

(ヤマト運輸株式会社)⁹⁾

ヤマト運輸は、宅配に特化した小型商用 EVトラックをドイツポスト DHL グループ傘下のストリートスクーターと共同開発し、2020 年 1 月から一都三県(東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県)に順次 500 台を導入している。EV トラック導入の目的は、CO2 削減と住宅街での騒音低減である。2030 年までに、小型集配車両の半数にあたる約 5,000 台の導入を目指している。車両のバッテリー容量や航続距離は公表されていないが、その一方で、ドライバーが働きやすい専用設計が施されている。乗降性の良いシート設計、キーレスエントリー機能、日本人の体形に合わせた荷台の高さ、360° ビューモニターである。

物流大手の日本郵便とヤマト運輸が、2019 年 11 月に相次いで集配車の EV 化に踏み切った。両社の発表にあるように、EV 導入の目的は環境負荷低減であることに間違えないが、その一方で集配車の運用コスト削減であることも間違えない。日本郵便は、2008 年から EV の実証実験を開始し、2013 年から試行的に EV 導入を実施してきており、しっかりシミュレーションを繰り返してきている。調達部門の責任者の顔にも自信が溢れていた。長年にわたり EV 導入を検討してきた日本郵便がこのタイミングで大量導入したこと、時を同じくヤマト運輸も EV 化に踏み切ったことは、いよいよ商用 EV が商業ベースに乗ってきたことを意味しているのではないだろうか。乗用車で求

められる航続距離やバッテリー容量に過度なスペックは求めず、働きやすい車両、運用しやすい車両に拘ることで、商用 EV が実用化してきている。企業は企業らしく、環境コスト、車両の導入・運用コスト、オペレーションコストなどトータルコスト削減を狙い、着実に EV 化を進めていく一方で、なかなか成長しない日本の EV 市場であるが、こうした先進企業の EV 拡大により、一般ユーザーの EV に対する認識も変わっていくのではないかと。

ここまで自社の事業運営に必要な商用車を電動化する企業の事例を挙げてきたが、ここからは少し毛色の違う EV 導入の事例を挙げていきたい。それは「カーシェアリング」である。世界中に波及し続けているシェアリングエコノミーの中で、その代表格とも言えるカーシェアリングは、日本国内でも成長し続けている。カーシェアリングは、車を持っていない人でも気軽に車を利用できるサービスである。車を借りるという点ではレンタカーが以前からあるが、レンタカーとカーシェアの違いは、前者の場合、長時間/不定期的な利用が中心となるが、後者の場合は短時間/定期的な利用が中心になる。また、レンタカーは退陣手続きであるが、カーシェアはスマートフォンや IC カードを利用して予約や開錠が可能なこともサービスの違いである。

(タイムズ 24 株式会社)¹⁰⁾

タイムズ 24 は、国内最大手のカーシェアリングサービス「タイムズカーシェア」において、EV を 2019 年 8 月からの半年間で 100 台導入している。EV 導入は、埼玉県、東京都、神奈川県を皮切りに、大阪府など全国広範囲へ展開している。配備場所は、短時間利用ニーズの多いエリアや、一次交通との組合せ利用(ルール & カーシェア)のニーズが高い駅近くを計画している。同社はこれまでも、EV の導入をはじめ、国内外の自動車メーカーおよび自治体と連携した実証実験などを通じて EV カーシェアリングの提供に取り組んできた。電池残量に応じた予約可能時間の変動や充電カード活用による充電場所の確保など、EV カーシェアに適応した新たなシステムやオペレーションを今後も構築していく。

(東日本電信電話株式会社: 自社 EV の B2B/B2C のシェアリングサービス事例)¹¹⁾

NTT 東日本は、自社で保有する営業車を EV にして、平日は業務用、休日は近隣企業や近隣住民向けのカーシェアリングに活用するシェアリングサービスを計画している。自治体や企業が使っていない社用車も含めたカーシェアサービスに発展させ、地域のシェアリングプラットホームに育てる狙いである。同社の社用車は工事用も含めて約 8,000 台あるが、「平均稼働率は 50%程度」であり、社員が使っていない社用車の有効利用で地域社会の活性化に貢献する。

(株式会社スマートバリュー/株式会社しえあくる: 社用車の従業員とのシェアリングサービス事例)

¹²⁾

スマートバリューは、法人所有の社用車の利用を業務用と私用に分けて、従業員とシェアリングできる新しいカーシェアリングサービス「しえあくる」企画・開発するしえあくる社に出資した。スマートバリューが開発するシェアリングサービス事業者等向けのプラットフォーム「Kuruma Base」

を「しえあくる」のプラットフォームとして提供すると共に、AI 技術により業務用と私用の識別を行う技術を構築し、新たなカーシェアリングの形の想像を目指している。

(住友三井オートサービス株式会社)¹³⁾

住友三井オートサービスは、企業-従業員間カーシェアサービス「Scash(スカッシュ)」を、2018年5月に開始している。車通勤の営業マンには、「通勤はマイカー、仕事は社用車」と、1人で2台の車両を使い分けることが少なくない。2台を使い分けることは、企業と従業員の双方に車両の取得や維持のための費用が発生し、状況に応じて車両を乗り換えると言う面倒なこともあり、1台の車両を企業と従業員でシェアしたいという声が多くあった。しかし、社用車の私的利用は公私の区分が難しく、燃料代などの費用の精算や事故の責任区分などに課題が多く、「車両を企業と従業員との間でシェアすることは難しい」というのが今までの常識だった。Scashでは、社有車に取り付けたテレマティクス車載器から送信される車両の稼働データと、スマートフォン/タブレット用アプリの利用データを紐づけることで、公私の利用区分を判定し、これらの課題を解決している。

社用車・マイカーの2台持ちによる車両関連の費用負担が低減するだけでなく、乗り換え時間が減ることで従業員の余裕時間の創出や利便性の向上が図れるといった効果も期待できる。社有車とマイカーが一致することで、取引先から会社に戻り社有車からマイカーに乗り換える必要がなくなり、取引先から直接自宅に帰ることができ、まさに働き方改革に直結する。

最後に、リコーグループの事例についても紹介する。国内販売会社であるリコージャパンは、全国に約8,500台の車両を保有しており、国内では多くの社有車を保有する企業の1つである。リコーグループも、国内営業車両のEV化を検討している。

(リコージャパン株式会社)¹⁴⁾

リコージャパン株式会社は、高知支社にEV2台とEV充電用設備を導入し、平日は営業車として、休日は近隣住民や観光客向けのカーシェアリングとして活用する実証実験を2019年3月に始めている。今回の実証実験は、日産自動車の協力のもと、カーシェアリングサービス「NISSAN e-シェアモビ」を活用して行うもので、社用EVを休日にカーシェアリングとして有効活用することで、車両の導入・運用コストやCO2削減を図るとともに、EVの普及促進に貢献する考えである。

ここまで、国内市場の動向について、整理してきた。日本は、欧州や中国、または米国に比べてもEV化への加速度は遅いにも関わらず、EV・PHEV・FCVといった電動車両だけでなく、モビリティサービスにおいても、新しい動きが次々に始まってきている。まさに、自動車社会が100年に一度の大変革期に入っていることを実感する。これらの外部環境の事実を踏まえて、昨年検討したビジネスモデルについて深堀・再考をしていく。ビジネスモデルとは、基本的には、「誰に」、「何を」、「どうやって」、「どこで儲かる」であるが、今回は最も重要な、ターゲット顧客(誰に)と顧客への提供価値(何を)について、再検討した結果を整理する。

(2) ターゲット顧客の深堀

昨年度の検討では、顧客は EV 充電器設置者であり、顧客には「一般車」向けの充電器設置者(例:カーディーラー、高速道路 SA・PA、コンビニなど)と、「商用車」向けの充電器設置者(例:営業車を保有する企業、配送業者、タクシーなど)の大きく2つに分けた。EV の航続距離や充電インフラの整備状況から、一般車よりも商用車の方が EV の特性に合っていると考えたが、商用車向け EV が発売されていないことや、商用車向けに充電器を設置する企業の動きも定かではなかった。一方で、一般車向け充電器は、導入設置から耐用年数を経過した機器も増えてくる中で、充電器の需要はまだまだ一般車向け充電器が主流であり、ターゲット顧客を絞り切れていなかった。

しかし、2019 年度に入り、物流大手の日本郵便とヤマト運輸が商用 EV の大量投入に踏み切った。また、東京電力ホールディングスも、2019 年 5 月に EV100 へ加盟するとともに、2030 年までに同社グループの全業務車両を EV や PHEV にする目標を設定し、ESG 投資に配慮した経営強化を発表した。物流企業同様に、インフラ企業も社有車を多く抱える業種の 1 つであり、東京電力 HD は一般業務用車両だけで 4,400 台保有している。環境意識が高く社有車の保有台数の多い企業は、物流部門の CO2 削減に向けて、いち早く社有車の EV 化を進め始めており、商用 EV 普及への変化の予兆が現れている。

一方で、EV ならびに EV 充電器の補助金の国家予算は年々減少しており、EV 充電器の補助金については、平成 31 年度より補助金対象に制限がかけられた(表 2-2)。平成 30 年度までは、高速道路 SA・PA や道の駅のような経路充電も、商業施設や宿泊施設のような目的地充電も、マンションや事務所・工場といった企業のような基礎充電も、すべての充電が補助対象となっていたが、平成 31 年度からは事務所や工場といった法人は全て対象外、また商業施設や宿泊施設も 90kW 以上の高出力タイプの急速充電器以外は対象外となった。商用 EV 普及への予兆が現れる一方で、補助金制度は逆行する形となっている。企業は、補助金がトリガーの EV 導入ではなく、環境配慮や経済合理性を踏まえた EV 導入の検討が求められてくる。

表 2-2 経済産業省「EV・PHEV の充電インフラ整備事業補助金」(リコー調べ)

場所		急速充電器のスペック				
		H29年度	H30年度	H31年度		
				新規	追加	入替
経路 充電	高速SA	全て対象	全て対象	50kW≦対象	50kW≦対象	50kW≦対象
	道の駅	全て対象	全て対象	10kW≦対象 <90kW	10kW≦対象	50kW≦対象
目的地 充電	商業施設 ・宿泊施設	全て対象	全て対象	(対象外)	90kW≦対象	90kW≦対象
基礎 充電	マンション	全て対象	全て対象	10kW≦対象 <90kW	10kW≦対象 <90kW	(対象外)
	事務所 ・工場	全て対象	全て対象	(対象外)	(対象外)	(対象外)
(参考) 経産省「EV・PHEVの充電インフラ整備事業補助金」の事業予算		1,800 百万円	1,295 百万円	1,100 百万円		

HEV、EV、PHEV など次世代自動車の日本における年間販売台数推移を確認すると、2018 年度の新車販売台数に対する次世代自動車販売台数シェアは 37.8%であり、EV は 2.7 万台で 0.60%、PHEV は 2.3 万台で 0.53%である。EV・PHEV 合わせてもシェアは 1.13%であり、イノベーター理論に当てはめると、EV・PHEV を受容する消費者層はイノベーター(革新者;新しい商品をいち早く購入する層。全体の 2.5%)に該当する。EV は草創期であり、また EV 充電器も同様である。しっかりとターゲットを絞って事業展開していく必要がある。先の事例で挙げてきた企業は、まさにイノベーターであり、EV 化推進の牽引役である。

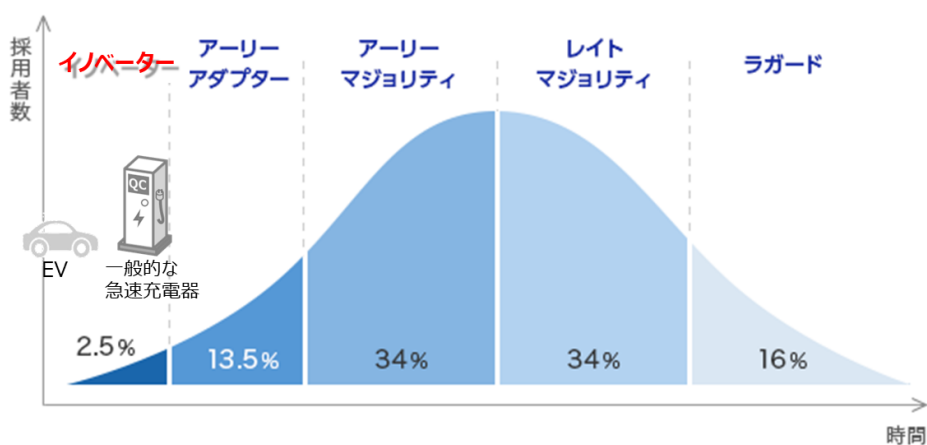


図 2-11 イノベーター理論におけるEV及びEV充電器の位置

続いて、顧客へリーチするための販売チャネルについて確認する。本事業での販売チャネルは、リコーの販売会社であるリコージャパンを想定している。リコージャパンは、EV 充電器のトータルサポートサービスを開始しており、販売だけでなく、設置・施工、運用・保守までサービス提供している。リコージャパンは、OA 機器の販売・保守の事業を通じて、全国に販売・保守網を有しており、業種業態、企業規模に関わらず法人企業へのアプローチが可能である。また、OA 機器の場合、一般的には顧客の総務部門・IT 部門へ営業することが多い、リコージャパンが日頃訪問する総務部門は企業の車両管理をしている場合が多く、社有車の電動化による CO2 削減、車両・運用コスト削減と車両運用の業務効率化の提案が行える。

外部環境の変化と自社の強みを踏まえてターゲット顧客を再検討すると、本事業での優先すべきターゲット顧客は、商用車用途の一般車両を多く抱えている企業で、特に環境意識の高い先進的な大企業となる。なぜならば、第 1 に EV の特性上、一般車用途よりも商用車用途に適している。次に、社会の気候変動に対する危機感は強まるばかりで、いよいよ環境先進企業が社有車の大規模な EV 化に踏み切り始めた。最後に、自社の販売チャネルの強みを活かせるためである。一方で、EV 充電器の補助金制度は減少し、補助対象も限定されてくる方向性であり、先進的なイノベーター企業が率先して EV 導入し、EV 化の利便性、経済性をしっかりと実践し証明していく必要があるとも言える。しかしながら、大企業といえども、EV 化社会の推進は社会インフラの革新であり、一社で推進できることではない、環境先進企業がコンソーシアムを組んで協力しながら、EV 化社会ならびに環境負荷の低い社会を牽引していかなければならない。まさに、企業の社会的責任の 1 つであると考える。

表 2-3 ターゲット顧客の見直し

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
ターゲット顧客	<ul style="list-style-type: none"> ■一般車用途 (ディーラー/高速SA/コンビニ) ■商用車用途 (営業車/配送車/タクシー) 	<ul style="list-style-type: none"> ■商用車用途 “環境先進企業” (RE100, EV100, 電動車活用社会推進協議会参加企業) 	<ul style="list-style-type: none"> •EVの車両特性は商用車向き •環境先進企業が社有車をEV化 •自社の販売チャネル(BtoB)

(3) 顧客への提供価値

昨年度の検討では、顧客への提供価値は 2 つ。1 つは、CO2 削減ならびに環境負荷の低減であった。大量廃棄が懸念される使用済み LiB パックをリマニュファクチャリングすることで、電池のライフサイクルでの CO2 削減による脱炭素社会への貢献ならびに、リユース品を使うことでの新規投入資源削減による循環型社会への貢献という価値の提供であった。もう 1 つはコスト削減である。新品電池ではなく、使用済み LiB パックを再使用することでのコスト削減はもちろんのこと、アシスト機能によるピークカットで実現する電気料金のコスト削減と、新規ならびに追加キュービクル導入コスト低減という価値の提供であった。

蓄電池付き EV 充電器の最大の特徴は、系統電力を電池に溜めて、充電器の出力量が大きくなる充電開始時に溜めておいた電力を出力して、系統電力をアシストすることでのピークカットで

ある。ここからは急速充電器のピークカット機能の必要性について述べる。今まで急速充電器の出力規格といえば、20kW～40kW が主流であった。一方で、EV は航続距離の短さを解決すべく、電池容量を増やし航続可能距離を伸ばしてきている。これまで急速充電器を使えば、30 分程度でほぼ満充電になっていたが、EV の車載電池が大容量化することで相対的に充電器時間が伸び、急速充電器でも 1 時間以上かかる場合が増えてきた。また、テスラのようなラグジュアリーEV は、さらに多くの電池を搭載しており、30 分では満足な充電ができない。ガソリン車と比較して問題視されている充電時間がさらに長くなり、急速充電でも数時間かかるようになってくる。EV の車載電池の大容量化に伴い、EV 充電器の高出力化も必ず必要になってくる。

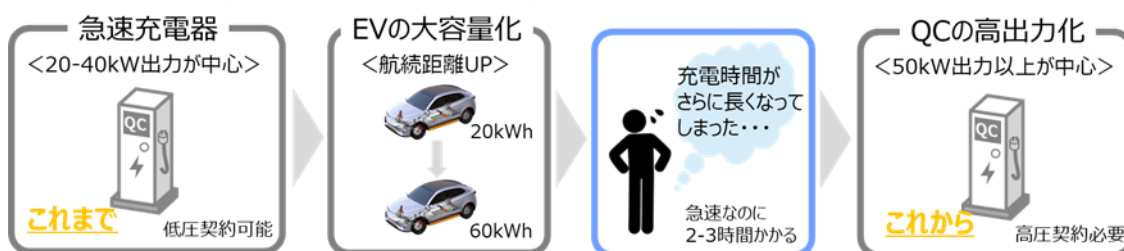


図 2-12 急速充電器(QC)の高出力化①

50kW 出力以上の急速充電器になると、電力契約も低圧契約から高圧契約に切り替わり、加えてキュービクルが必要になるケースもあり、アシスト機能によるピークカットで電力契約を抑えることのできる蓄電池付き充電器の需要が出てくるであろうと考えた。さらに、今後も EV の航続距離の伸長は期待されており、充電器も高出力化の方向に進むと考えられる。EV の普及と車載電池の大容量化に伴い、EV 急速充電器の普及と高出力化が進むことになるであろう。また、日本では、EV 充電の課金制度が従量課金(円/kWh)ではなく、時間制課金(円/分)のため、充電時間が短ければ短いほど料金が安くなり、利用者からは高出力な急速充電器が好まれる傾向になる。よって、高出力タイプの急速充電器が増えることで、電力ネットワークに過度な瞬間的な負荷がかかる可能性があり、地域電力への影響が不安視されてくるであろう。例えば、電力需要は活動が開始される朝 7 時から 9 時に一気に上昇する。また、冬場であれば電力ピークは日が落ち寒くなり始める夕方 17 時から 19 時の帰宅時間となる。今回、ターゲット顧客に設定した商用 EV を抱える企業が急速充電器を使用すると予測される時間帯も、まさに朝と夕方である。日中は事業活動をするため、出発前に急速充電器で充電、帰社後に急速充電器で充電が基本的な充電スタイルになる。夜間充電がメインとなる普通充電とは異なり、急速充電はまさに電力需要の変動と連動してしまう。このように、急速充電器による電力ピークを緩和させるための 1 つの手段として、高出力タイプの急速充電器には蓄電機能が有効になるであろうと考える。¹⁵⁻¹⁶⁾

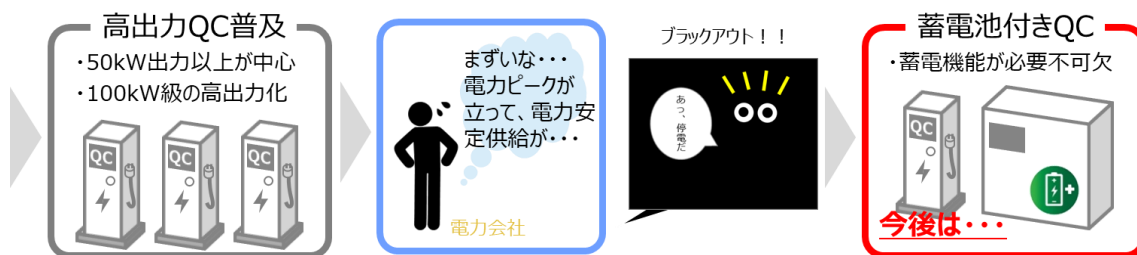


図 2-13 急速充電器(QC)の高出力化②

第 5 編で記載する、リユース蓄電池活用 EV 急速充電フィールド機を設置した海老名市を事例にして、電力ネットワークについて確認した。東京電力パワーグリッドのホームページでは、6.6kV 以下に降圧する配電用変電所のエリアや運用容量について公開されている。1 つの変電所がカバーする地域サイズは様々であるが、市街地で市町村単位よりも小さく、海老名市の場合は 5~6 変電所でカバーしている。また、1 つの変電所の運用容量は 20~60MW である。今回、フィールド機を設置した海老名市の複合商業施設を管轄する変電所の運用容量は 19MW となる。フィールド機は 50kW の急速充電器となる。例えば、この海老名変電所のカバーエリアに、急速充電器で 0.5MW (50kW×10 台分)の電力ピークが立つと、変電所の運用容量に対して 2.5%の影響がある。

17)

EV 充電器の高出力化は世界中で開発と実証が繰り返されている。ドイツでは、BMW グループが中心となり、2018 年から 450kW の急速充電器が開発され、試験的に充電が開始されている。国内では、100kW 級の急速充電器が商品化され始めているが、その一方で、出力に応じた保安の観点から規制もある。電気事業上の保安に関わる規制としては、750V を超える場合は周囲に柵の設置と施錠が必要になる。技術的な制約としては、200A 以上になるとケーブルの重さにより利便性が損なわれると言われている。こうした制度や技術上の観点を考慮すると、現状、国内において急速充電器の現実的な出力規格は 150kW(=750V×200A)と考えられている。¹⁵⁻¹⁶⁾

よって、100kW~150kW の急速充電器が普及し始めると、町中に小さな町工場が乱立し始まることとなる。海老名変電所の例を挙げれば、150kW の急速充電器が 10 台設置されると、変電所の運用容量に対して 7.5%の影響を与えることになる。¹⁷⁾ 充電器の高出力化と普及に伴い、変電所、配電線の見直しや強化による社会的コストが発生してくることは間違えないであろう。EV 普及ならびに EV 充電器の普及と調和しながら、出来る限り系統増強を回避することが求められる。急速充電器の蓄電機能は、地域電力の安定化と系統増強に伴う社会的コスト増大の抑制のために、将来的には必要不可欠な機能になると考える。

表 2-4 顧客価値の見直し(リユース蓄電池付 EV 充電器)

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
顧客価値	■ CO2削減：再生LiB利用	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO2削減：再生LiB利用 ■ 地域電力レジリエンス：ピークカットによる地域電力安定化、社会的コストの抑制 	・高出力な急速充電器の増加によるブラックアウトリスクと系統増強による社会的コスト増大

続いて、昨年度の検討にてCO2削減効果とともに、顧客への提供価値となっていた蓄電池付EV急速充電器のコスト削減効果について考える。蓄電機能によるコスト削減に繋がる主な要因は、大きく2つである。1つは、契約電力料金のランニングコスト低減である。蓄電池のアシストにより系統電力からの引き込みを抑制することで、一般的な急速充電器に比べ契約電力を抑えることができる。削減効果額は、電力の使用量や契約料金、アシスト電力量にも依るが、急速充電器に蓄電機能を付けた場合、年間で20～40万円の削減効果が見込める。2つめは、キュービクルの新設・増設にかかるインシヤルコスト削減である。ただし、設置場所によってはキュービクルの導入が必要ない場合もある。さらに、急速充電器を導入して、高圧契約に切り替わる場合は、設置場所に電気主任技術者を配置する必要性があり、資格者が不在の場合には手当をすることになり費用がかかる。最後に、本事業では、使用済みLiBを再利用することでシステムのインシヤルコスト低減効果を付加することができる。昨年度の試算では、リユース蓄電池付EV急速充電器は、一般的な充電器に対して6年間の生涯採算で392万円の削減効果を見込んだ。

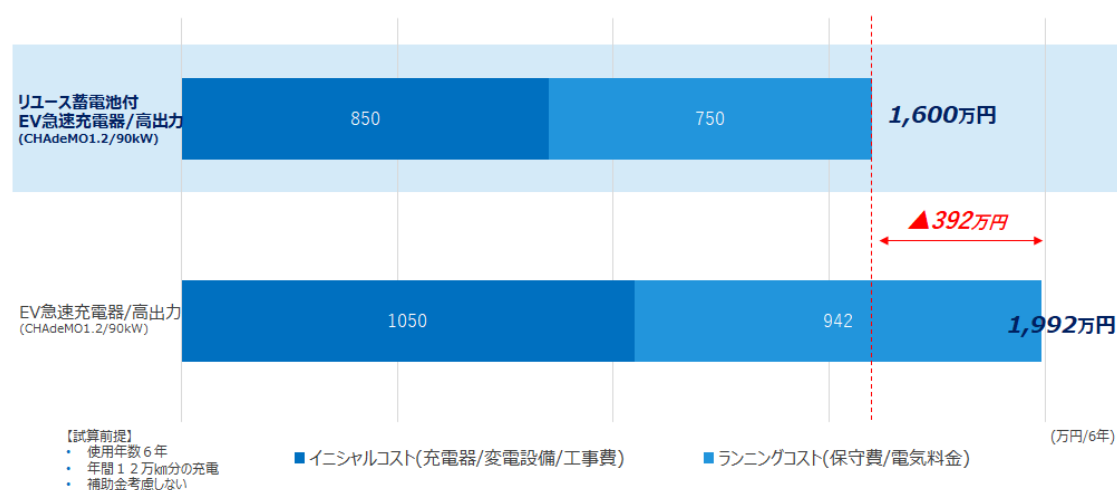


図 2-14 一般車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

しかしながら、今回、ターゲット顧客に設定した商用車用途での環境先進企業が、EV導入を検討する場合、EV充電器だけでなくEV車両を含めたトータルコストでの採算性を考える。ここで問題になるのが、EV車両価格である。EVとガソリン車の価格差はまだ大きい。加えて、車両価格の低い商用車ではその価格差はさらに大きくなる。その車両価格を、燃費によってカバーしたいところであるが、リコージャパンのような営業車では年間走行距離が1.2万km程度であるため、

燃費によるコスト削減効果だけでは間に合わない。一方で、配送車では年間 5 万km程度走行するため、燃費によるコスト削減効果が大きく、EV にコストメリットが出てくる。従って、走行距離の短い営業車のような商用車用途では、いくら EV 充電器でコストメリット出しても、EV 車両を複数台導入することで、そのコストメリットはキャンセルされてしまうことになる。(本章の(4)顧客の採算性検証を参照)

そこで、注目したいのが、「カーシェアリング」である。平日の日中は社有車として利用し、それ以外の空き時間をシェアリングし、その副収入で車両の価格差を補填する考えである。シェアリングエコノミーの理念は「遊休資産の利活用」である。社有車は、夜間と土日の稼働率が非常に低い、遊休資産の有効活用は企業マインドにも合致する。シェアリングエコノミーは世界中で広がっており、日本国内でも成長し続けている市場であり、モノの所有からコトの利用へ、消費者の価値観は変化している。

企業の社有車台数は、国内全体で 2,000 万台弱と試算され、うちリース車両が約 340 万台であるため、直接保有社有車は 1,650 万台と試算される。企業によるカーリースの市場規模は 2 兆 2,000 億円程度と試算され、リース車両台数の 340 万台のうち 73%にあたる 250 万台は、車両だけでなく、車検・点検、故障修理、事故対応を含むメンテナンスリース契約である。社有車のリース率は、都市部ならびに大手企業ほど比率が高くなっている。また、業種別の社有車保有状況としては、運輸・郵便、卸・小売、サービス業の所有台数が多く、一事業所当たり保有台数ではインフラ系企業が多い。国内にはこれだけの遊休資産が眠っているともいえる。

一方で、シェアリングする相手も様々である、リコージャパンの事例のように、近隣の住民とシェアリングしたり、「しゃあくる」や「Scash」のように、従業員とシェアリングしたり、または近隣企業ともシェアリングすることも考えられる。社有車の二毛作は色々なパターンが考えられ、可能性を秘めている。

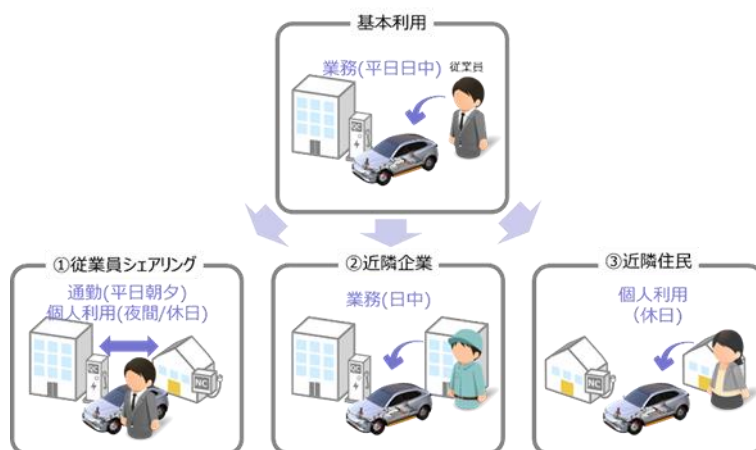


図 2-15 社有車シェアリングサービスのイメージ①

例えば、平日日中の時間帯は、基本利用として企業が営業活動などの業務で社有車利用し、それ以外の時間帯は従業員とシェアリングして、朝・夕方の時間帯では従業員が通勤車として利用する。従業員は、通勤および夜間、休日の個人利用でシェアリングできる。また、企業や従業員が使用しない場合には一般開放し、近隣の住民や企業とシェアリングすることも可能である。

	月	火	水	木	金	土	日
0時							
2時		①従業員シェアリング（夜間）					
4時						【開放】③近隣住民シェアリング（休日）	
6時		①従業員シェアリング（通勤）					
8時		基本利用（業務）					①従業員シェアリング（休日）
10時							
12時		【開放】					
14時		②近隣企業 シェアリング					
16時						【開放】③近隣住民シェアリング（休日）	
18時		①従業員シェアリング（通勤）					
20時						【開放】③近隣住民シェアリング（休日）	
22時		①従業員シェアリング（夜間）					
24時							

図 2-16 社有車シェアリングサービスのイメージ②

シェアリングサービスによる企業のメリットは、第 1 に、車両の導入・運用コスト低減がある。シェアリングすることで、2 台分の車両価格、車検・点検費用、保険費用を 1 台に集約することでコストを低減する。また、企業にとっては、マイカー通勤者に支給しているガソリン代も大幅に削減できる。さらに、車両のコスト以外にもメリットがある。1 つは従業員の働き方改革への効果である。例えば、営業車と通勤車が一致することで、外出先から会社に戻り、営業車から通勤車へ乗り換える必要がなく、外出先から自宅へ帰宅でき、生活に充てられる時間が増える。また、細かい話ではあるが、営業車と通勤車が異なると、企業は営業車用と通勤車用の 2 つの駐車場を用意しなくてはならない。営業車と通勤者が 1 台になることで、月々の駐車費用や駐車場の確保に関わるコストも低減できる。

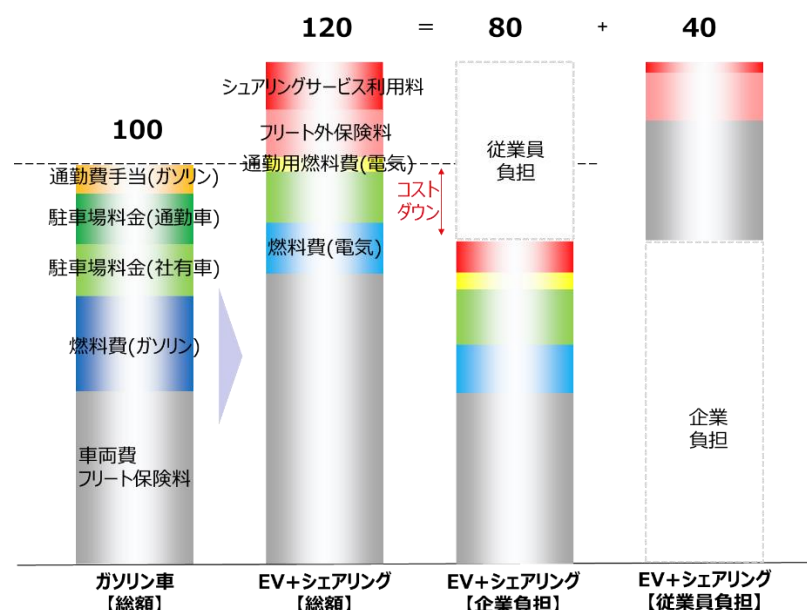


図 2-17 社有車の EV 化と従業員シェアリングでのコスト削減イメージ

加えて、カーシェアリングの対象を EV にすることで、企業のメリットはさらに付加される。まずは社有車ならびに通勤者を EV 化することでの CO2 削減効果がある。企業ブランドへの効果も期待できる。また、EV を走る蓄電池として災害時の非常用電源として利用でき、企業の BCP(事業継続計画)対策となる。EV にパワーコンバーターを接続し携帯電話、パソコン、OA 機器、家電製品を利用することや、V2H/V2B 設備を導入することで、EV の車載バッテリーに貯めた電気を建屋に電力供給することができる。

よって、EV 導入とカーシェアリングが企業にもたらす価値は非常に大きい。EV そのものの環境価値に加えて、企業の物流部門の脱炭素化、エネルギーシステムとの連携によるエネルギーの分散化、レジリエンス向上といった社会価値がある。

表 2-5 顧客価値の見直し(EV 導入+カーシェアリング)

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
顧客価値	■ CO2削減：EV導入	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO2削減：EV導入 ■ コスト削減：シェアリング ■ 働き方改革：シェアリング ■ BCP対策：災害時のEVの蓄電利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模停電でのEVの蓄電機能の確約 ・シェアリングエコミーの拡大(モノ→コト) ・遊休資産の有効活用

「EV 導入とカーシェアリング」に、「リユース蓄電池付 EV 急速充電器」を加えることで、車載電池の LCA 向上、地域電力の安定化も加わり、その社会的な意義は非常に大きいと考える。EV の社会的価値を最大化するためには、やはりコンシューマーよりも、イノベーター企業が牽引していかなければならないであろう。そのためにも、企業が EV 導入、カーシェアリングに踏み切りやすいように、フリート・モビリティサービスの充実、効率化ならびに、コスト効果と環境価値を明確にすることが必要不可欠である。

(4) 顧客の採算性検証

ここまで、ターゲット顧客と顧客価値について整理してきたが、EV 充電器の普及には EV 普及が必要不可欠であり、EV 普及にも EV 充電器の普及が必要不可欠であることは明白である。EV 充電器とEV の普及は一蓮托生であるため、EV 充電器だけでなくEV 車両を含めた価値について考える必要性があった。また、顧客の採算性についても同様である。EV 充電器だけでなく EV 車両を含めたトータルコストでの採算性検証を実施しなければならない。そこで、昨年度に引き続き、トータルコストでの顧客の採算性検証を行った。

商用車用途では、EV 充電器だけでなく、車両価格や燃料費、維持費を含めたトータルコスト比較が必要となる。昨年度までに、車両台数と年間走行距離を変数にとり、「ガソリン車」・「EV+リユース蓄電池付 EV 急速充電器」・「EV+急速充電器」・「EV+普通充電器」の 패턴の試算を行い、経済合理性の比較を行った。経済合理性の試算をより精緻にするとともに現在の EV・充電インフラ導入の優遇政策が変動するリスクを考慮するために、昨年度の試算条件に対して以下のパラメータについて見直しを行った。

●昨年度の試算条件に対して見直したパラメータ

- ・EV 車両価格:最新の EV 車両価格を反映
- ・EV 購入補助金:補助率の縮小のリスクを加味
- ・事業者向けの EV 急速充電器導入補助金:補助率の縮小のリスクを加味
- ・リユース蓄電池付 EV 急速充電器価格:最小限の量産効果を加味

試算結果を図 2-18 に示す。

一般的に EV の走行可能距離はガソリン車の走行可能距離に比べて短いため、ガソリン車から EV への置き換えを考えた場合、EV は走行可能距離の点において課題を持つ。そのため、走行可能距離が短い EV を業務に支障なく利用できる対象として、1 日あたりの走行距離が約 50km 程度に限定されるような営業車が最も向いていると考えられる。しかし、図 2-18 によると、EV の導入が合理的なパターンは、「年間走行距離が長い」かつ「保有する車両台数が多い」パターンである傾向があり、年間走行距離の短い「営業車」では、いずれの車両台数でも EV よりもガソリン車の導入の方が合理的であるという結果であった。試算結果に対して最も影響力の大きかったパラメータは EV 車両価格である。例えば、リコーグループの場合、営業車として軽自動車を利用することが多い。ガソリン軽自動車は車両価格が安価であるため、乗用車での比較に比べて、車両価格差のインパクトが大きい(リコー試算では、ガソリン軽自動車に対して、EV 軽自動車の車両価格は 56%増)。そのため、EV を導入する際のインシャルコストを低減できる手段があると、顧客の採算性にとって効果的であると考えられる。

そこで、EV を導入する際のインシャルコストを低減させる手段として、カーシェアの適用を検証する。例えば、1 週間(7 日間)のうち、EV を導入した事業者 A が非稼働である 2 日間は、他の事

業者 B が EV をカーシェアするというケースを検証してみる。EV を導入した事業者 A がカーシェアによる副収入を得られることで、EV を導入する際のインシヤルコストを低減させるという考え方である。カーシェアによる副収入を試算するにあたり複雑な試算条件になってしまうことを避けるために、簡易的な方法として車両価格を利用日数で按分する方法、つまり事業者 A は事業者 B から車両価格の 2/7 のカーシェア収入を得られるケースの試算を行った。試算結果を図 2-19 に示す。図 2-18 では年間走行距離の短い「営業車」では、いずれの車両台数でも EV よりもガソリン車の導入の方が合理的であるという結果であったが、図 2-19 によると、「営業車」かつ「車両台数 15 台」のパターン 3 の試算結果が、「EV+再生蓄電池付急速充電器」の導入が合理的に変わることが分かった。つまり、走行距離が限定的にあることから EV の適応性が高いと考えられるものの年間走行距離が短いことで EV では経済合理性が得られにくい「営業車」であっても、「EV+再生蓄電池付急速充電器」の導入の経済合理性が得られる可能性が十分にあると言える。従って、EV を導入する事業者が負担するインシヤルコストを低減できるような手段、例えばカーシェアによる副収入を得られる仕組み等を作っていくことが、EV の普及にとっては非常に重要である。

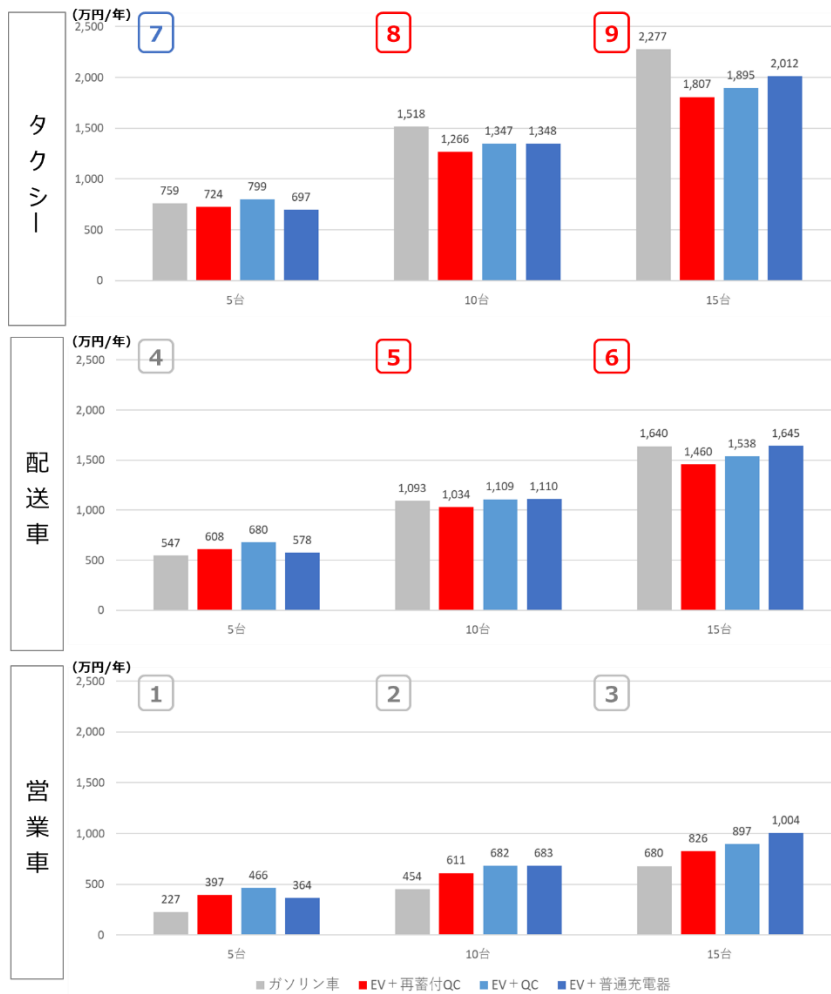
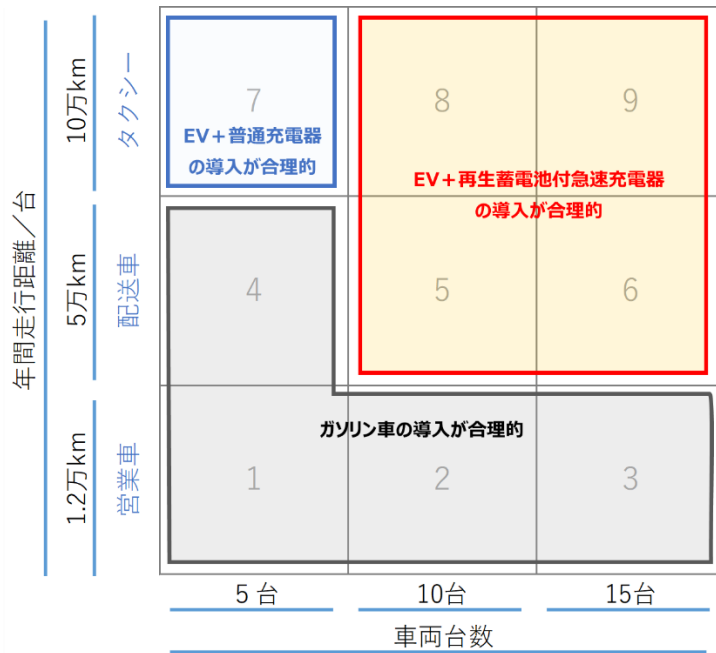


図 2-18 商用車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

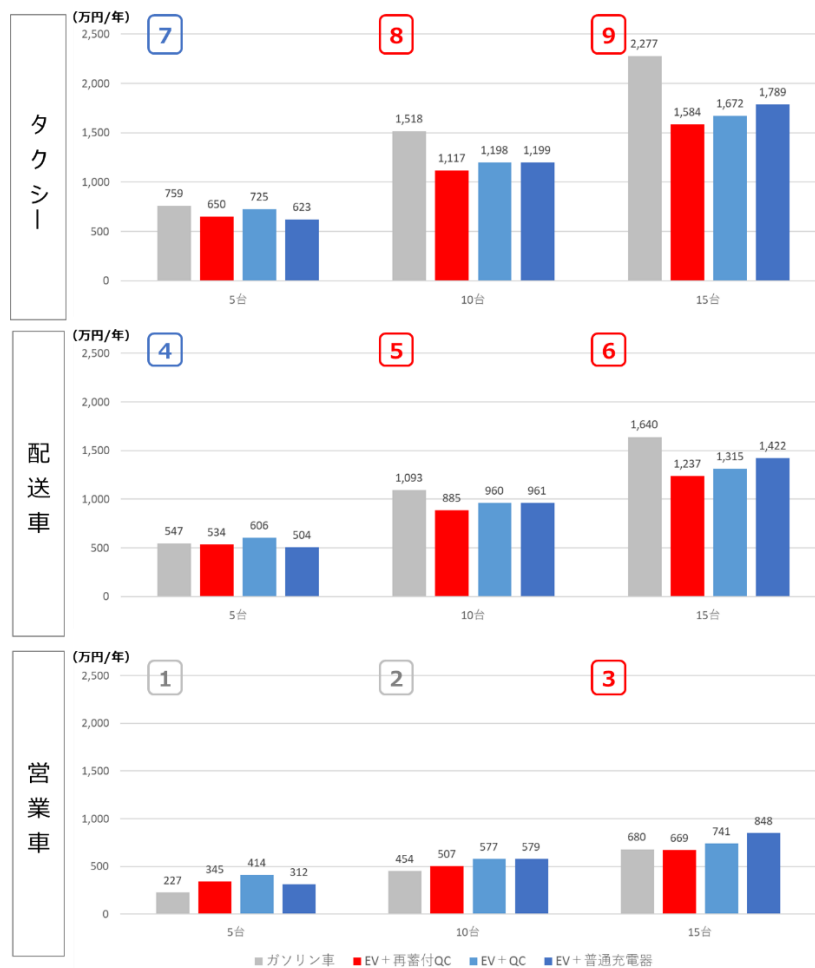
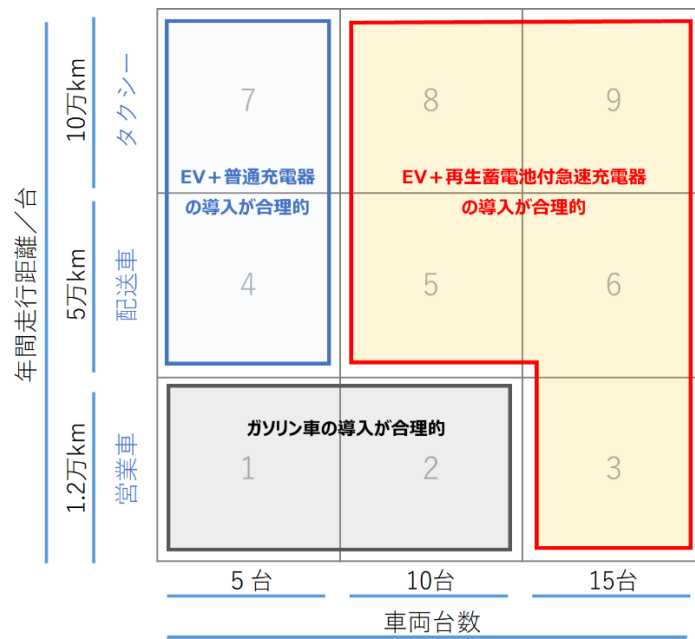


図 2-19 EV シェアによる副収入を加味した場合の商用車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

第 3 章 フィールド機のユーザーヒアリング

第 5 編にて後述するフィールド機を、今回、三井不動産商業マネジメントが運営する海老名市の複合商業施設のご協力を賜り、屋上駐車場の EV 急速充電器設置エリアに期間限定で設置させて頂いた。(設置期間:2020 年 2 月 1 日~2020 年 9 月 30 日)

神奈川県は EV 普及率が高く、当該施設では、すでに 2 台の急速充電器を設置し運用しているが、平日でも稼働率が高く、休日では充電待ちが多く発生する状況である。その一方で、充電マナーによる利用者同士のトラブルも生じている。最も多いトラブルの原因は、放置充電である。充電したまま、買い物に出かけ、充電が完了してもそのまま駐車し続け、次の利用者が充電器を利用できず、トラブルになるケースがある。効率的な運用と充電マナー向上は、EV 充電器を設置する施設運営者の困りごとである。

当該施設に設置されている 2 台の急速充電器の平日と休日の 1 日ずつ利用状況について確認した。

● 2019年12月10日(火)

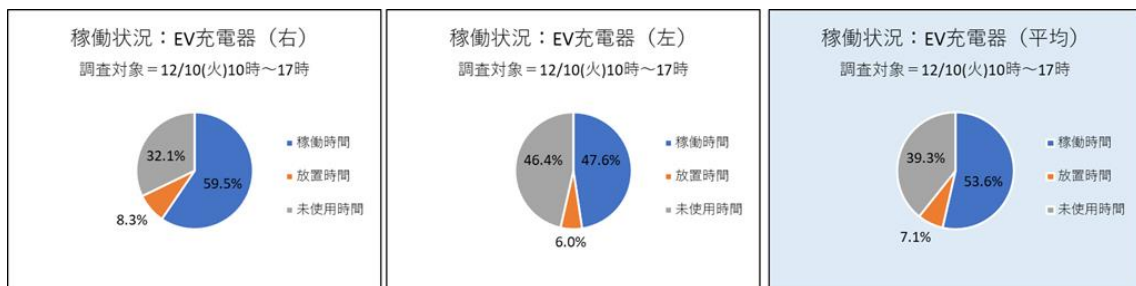
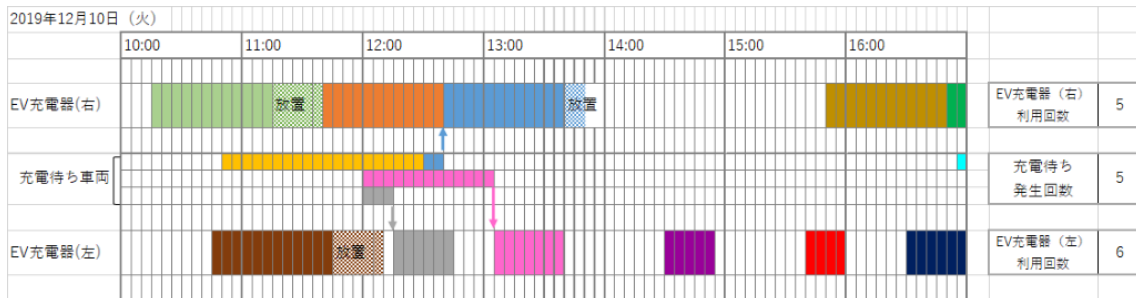


図 2-20 当該施設の EV 充電器利用状況(平日)

● 2019年12月14日(土)

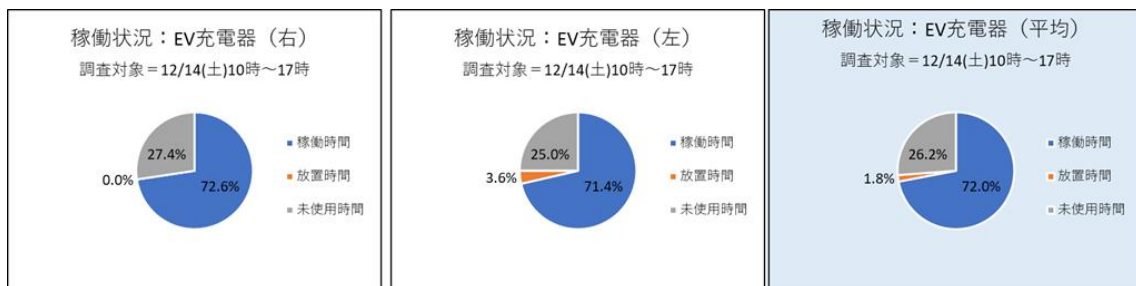
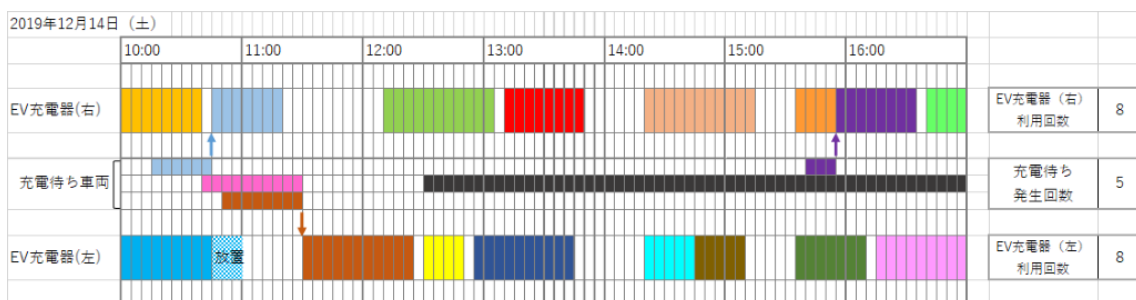


図 2-21 当該施設の EV 充電器利用状況(休日)

平日は充電待ちが発生しているものの、充電器未使用時間が全体平均で約 40%あり、利用者の需要ピークとなる時間帯が重なっている影響が強いと思われる。休日は、平日よりも稼働率が高い。入替のタイミングで空いている時間帯もあるが、終日ほぼ利用されており、常に充電待ち車両がいる状態であった。また、調査をした 2 日では、長時間の放置充電や利用者同士のトラブルは生じなかった。一方で、充電待ち車両は多かった印象である。調査結果には数値として表れていないが、実際には充電待ちすらできずに、充電器の前を通りすぎる EV は相当数おり、充電待ち発生回数は調査での数値以上発生していた。

続いて、充電開始時の EV、PHEV の電池残量(%)を確認した。2 日間の調査ではあるが、EV では 30%未満で充電を開始する車両は 1 台もいなかった。PHEV はバッテリー容量が小さいため、20-50%の電池残量の車両がほとんどであった。

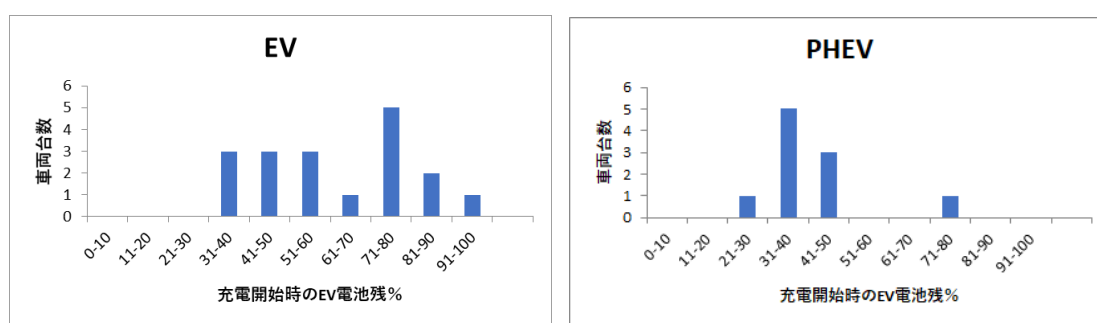


図 2-22 当該施設の EV 充電器利用車両の開始時電池残量

加えて、車両ナンバープレートも確認した。約 9 割の車両が相模ナンバーであり、近隣住民の利用がほとんどであった。

- 相模ナンバー: 29 台
- 川崎ナンバー: 1 台
- 湘南ナンバー: 3 台

EV 充電器利用者のほとんどが近隣住民であること、充電開始時に 20%未満の車両もほぼいないであろうと考えられる。また、相模ナンバーの車両であれば、電池残量 20%あれば十分に帰宅できると思われる。よって、当該施設の EV 充電器利用者の状況を踏まえると、必ずしも満充電する必要性は低く、帰路の電池残量が気にならない程度に補充電できれば、利用者としては問題ないのではないかと考えた。

そこで、三井不動産商業マネジメントの了解を得て、今回のフィールド機では、あえて充電時間を短く設定し、利用者の声を確認することとした。既設の2台の急速充電器(図2-23 中央と右の黄色のEV充電器)は、これまで通りに満充電になるまで充電が可能な設定のままにし、新設するフィールド機1台を、「CHARGE & GO」充電専用機として、充電時間を短く設定した。フィールド機の脇には、以下のような看板を立て、充電時間の案内と充電マナー向上の啓蒙で、車を離れずに利用してもらえるようにPRした。また、「CHARGE & GO」充電の時間設定や、充電マナー向上に関する簡単なWebアンケートのお願いをEV充電器本体に掲載し、利用者にご協力をお願いした。短い調査期間であったが、31件の回答が得られた。



図 2-23 当該施設の EV 充電器外観

● アンケート結果

Q1. 無料開放されているEV 急速充電器をご利用される際、あなたはどのようなEV 充電の仕方が多いですか。

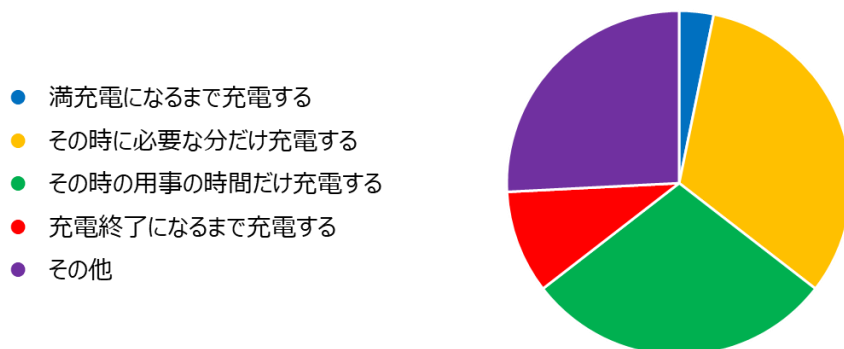


図 2-24 Q1 グラフ

Q2. 無料開放されているEV 急速充電器をご利用される際、充電完了後の放置車両がいたため時間待ちをご経験されたことはありますか。



図 2-25 Q2 グラフ

Q3. 商業施設での「CHARGE & GO」充電は、何分設定が受入やすいか。

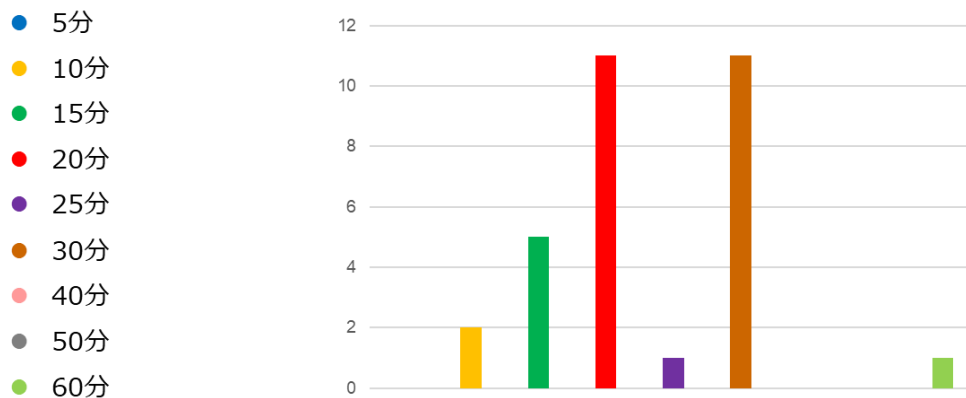


図 2-26 Q3 グラフ

Q4 の回答について、なぜそのように考えましたか。

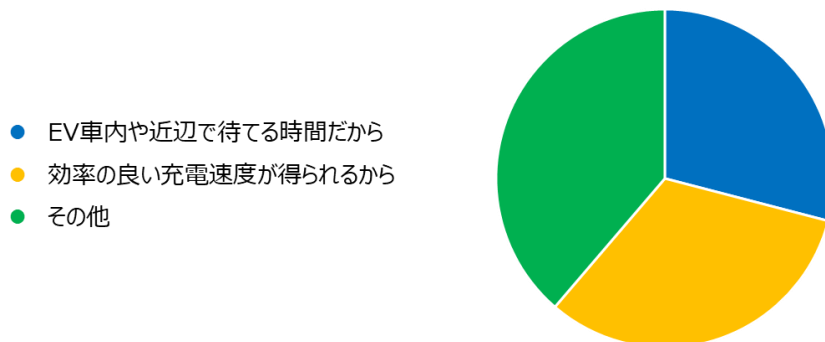


図 2-27 Q4 グラフ

Q5 EV 急速充電器に対して、日頃感じていることをご自由にご記入下さい。

表 2-6 Q5 回答

「効率の良い充電速度」の考えが世の中に浸透していない。
コンビニや道の駅に設置されている急速充電器の出力は30分でも8kW程度と小さすぎる。
今後は、大容量で100kWを超える充電に対応した高容量のEVが登場すると思います(リーフe+は既に90kW対応)。蓄電池タイプのQCなら50kWと言わず100kWや150kWにも対応して欲しい。いや、蓄電式だからこそ超ハイパワー充電器ができますので強みです。そうすると10分や15分という短時間でも一定の電力量を充電できるので今後需要が期待出来ると思います。
充電中はその場で待機。
充電放置やおかわり充電など、自分本位の何と多いこと
古い充電器だと操作の液晶画面が見づらくなっている。日よけなどを設けてもらえると良いと思う
一律ではなく充電器の出力容量に応じた分単価。充電完了後も充電ガンを差したままは課金。
充電終了後の放置車両をなくすために充電終了後5分以上経過したら大音量のアラームが鳴るようにする or 充電が終了したら「(ナンバーの4ケタ)のお車のユーザー様、充電が終わっているにも関わらず放置状態になっています。すぐに車の移動をお願いします。あなたの行っている行動は明らかなマナー違反です！！」とモールの敷地全体の何処にいても聞こえるように自動で放送を流れるシステムの導入する
1箇所に設置されている機器の数が少ない事、急速と普通の両方がある所もほぼ皆無。充電待ちスペースが最低でも1台分は必要
充電中はそばにいて欲しい。出かけるときは戻り時刻を提示しておいてください
充電マナー向上として、アナウンスするよりは、1台の充電器でケーブルを長くして、交互に2台の駐車場に対応できるようにし、充電が終わって放置している車両があれば、次の人が、勝手にプラグを抜いて、させるようにする方が、充電する人も焦って戻ることがなく、また、待つ人もすぐ充電できるので、お互いにストレスが減ると思います。
マナー云々ではなく、駐車について、という感覚で使えるようになってほしい。充電器台数増加とか、無理して充電しなくても次回でよいと思える電池容量とか、現状マナー違反とされていることが、別に気にならないシステムなり、環境なりになってほしい。

アンケート結果から、7割近くの方が放置充電による充電待ちをすると回答している。また、「CHARGE & GO」充電の短時間設定では、20分と30分という回答が多く、30分以上という回答はほとんどなかった。自由欄の記入には、様々なご意見が寄せられ、非常に示唆に富んでいる。EV急速充電器は、充電時間の経過とともに、EVの充電量が増えるに従い充電速度が落ちていくため、充電効率は時間の経過とともに下がる。満充電に近づくと、普通充電並みの充電速度まで落ちてしまうが、この充電の仕組みを知らない方が多くいることも分かった。

また、現地でのヒアリングでも、「CHARGE & GO」充電には、概ね好意的な意見が多く聞かれた。1台しかない充電ステーションで、「CHARGE & GO」充電は運用が厳しいかもしれないが、複数台

のうち 1 台を短時間専用の充電器にすることには、ユーザー感情的には受け入れられそうである。

- ✓ 「EV1 台が長時間充電器を占領してしまうことがあるので、短時間専用はなるほどと思う(EV ユーザー)」
- ✓ 「PHEV は充電時間が短いので短時間専用があると気持ち的に使い易い(PHEV ユーザー)」
- ✓ 「街乗りやチャイ乗りの時は短時間専用があると便利かも。いいコンセプト(EV ユーザー)」
- ✓ 「EV 電池残量が少ない時は良いが、満充電に近い時は 10 分では役に立たない(EV ユーザー)」
- ✓ 「10 分では買い物が終わらないので使わない(EV ユーザー)」

引き続き、「CHARGE & GO」充電をキャッチコピーに、充電マナーの向上と充電効率の啓蒙についてプロモーションするとともに、短時間の設定時間も変更させながら、ユーザー調査を実施していき、製品仕様に反映していきたい。

(本編のまとめ)

本編ではビジネスモデルの精緻化を行ってきた。EVスマート社会関連は日々進化しており変化の速度も非常に速い。国内の市場動向を踏まえながら、ターゲット顧客と提供価値について深堀した。EV導入とカーシェアリング、ならびに本事業が提供するリユース蓄電池付EV急速充電器が企業にもたらす価値は多く、社会的価値も高い。EV化推進には、環境意識の高いイノベーター企業の牽引が必要不可欠である。自動車メーカーからの商用EVラインナップの拡充や商用シェアリングサービスの構築・普及など、フリート・モビリティサービスの充実と効率化が、本事業ならびにEV化推進の今後の課題になると考える。

表 2-7 ビジネスモデル見直し

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
ターゲット顧客	<ul style="list-style-type: none"> ■一般車用途 (ディーラー/高速SA/コンビニ) ■商用車用途 (営業車/配送車/タクシー) 	<ul style="list-style-type: none"> ■商用車用途 “環境先進企業” (RE100, EV100, 電動車活用社会推進協議会参加企業) 	<ul style="list-style-type: none"> •EVの車両特性は商用車向き •環境先進企業が社有車をEV化 •自社の販売チャネル(BtoB)

(リユース蓄電池付EV急速充電器)

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
顧客価値	<ul style="list-style-type: none"> ■CO2削減：再生LiB利用 	<ul style="list-style-type: none"> ■CO2削減：再生LiB利用 ■地域電力レジリエンス：ピークカットによる地域電力安定化、社会的コストの抑制 	<ul style="list-style-type: none"> •高出力な急速充電器の増加によるブラックアウトリスクと系統増強による社会的コスト増大

(EV導入+カーシェアリング)

項目	昨年度(H30)	今年度(H31)	理由
顧客価値	<ul style="list-style-type: none"> ■CO2削減：EV導入 	<ul style="list-style-type: none"> ■CO2削減：EV導入 ■コスト削減：シェアリング ■働き方改革：シェアリング ■BCP対策：災害時のEVの蓄電利用 	<ul style="list-style-type: none"> •大規模停電でのEVの蓄電機能の確約 •シェアリングエコノミーの拡大(モノ→コト) •遊休資産の有効活用

Reference

- 1) リコージャパン HP, EV 充電器トータルサポート,
https://www.ricoh.co.jp/service/ev_charger/
- 2) Climate Action 100+ HP,
<http://www.climateaction100.org/>
- 3) Japan Climate Leaders Partnership HP,
<https://japan-clp.jp/>
- 4) 日産自動車 HP, EV BLOG,
<https://ev.nissan.co.jp/BLOG/186/>
- 5) 経済産業省 電動車活用社会推進協議会 HP, 車載用電池リユース促進 WG,
http://www.cev-pcor.jp/xev_kyougikai/xev_pdf/xev_kyougikai_wg02-1_about_WG.pdf
- 6) 経済産業省 電動車活用社会推進協議会 HP, 参加メンバー,
http://www.cev-pc.or.jp/xev_kyougikai/member/
- 7) アスクル HP, 環境・社会活動報告,
<https://www.askul.co.jp/csr/special/co2zero.html>
- 8) 日本郵便 HP, 環境に配慮した郵便・物流
<https://www.japanpost.jp/csr/environment/index02.html>
- 9) ヤマト運輸 HP, ニュースリリース
http://www.kuronekoyamato.co.jp/ytc/pressrelease/2019/news_191119.html
- 10) タイムズ 24 HP, ニュースリリース
<http://www.times24.co.jp/news/2019/06/20190626-1.html>
- 11) 東日本電信電話株式会社, ニュースリリース
https://www.ntt-east.co.jp/release/detail/20191029_01.html
- 12) スマートバリューHP, ニュースリリース
<http://contents.xjstorage.jp/xcontents/AS80522/d1dc214a/a065/4214/9cba/99938bf3e358/140120190219479509.pdf>
- 13) 三井オートサービス HP, 企業-従業員間カーシェアサービス「Scash」
<https://www.smauto.co.jp/mobility/scash.html>
- 14) リコージャパン HP, ニュースリリース
https://jp.ricoh.com/release/2019/0319_1
- 15) 経済産業省 HP, 脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会, 中間整理,
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/datsu_tansoka/index.html
- 16) 経済産業省 HP, 資源エネルギー庁, 系統形成のあり方について,
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/datsu_tansoka/pdf/004_02_00.pdf
- 17) 東京電力ホールディングス HP, 系統情報
<http://www.tepco.co.jp/pg/consignment/system/index-j.html>
http://www.tepco.co.jp/pg/consignment/system/pdf_new/akiyouryou_kanagawa.pdf

第3編 回収物流の実証

使用済み LiB パックを効率的に輸送(トラック/陸上輸送)するためのポイントは 2 点である。1 つは、定期便や既存輸送の空きスペースを活用して、LiB パックを混載輸送することである。もう 1 つは、LiB パックを可能な限り一度で大量に輸送することである。このポイントが、そのまま CO2 削減にも直結する。ただし、LiB を輸送する場合には注意が必要である。LiB 内の電解液は引火性があり危険物に該当するため、法令に則した輸送方法と安全対策が必要になる。

本編では、使用済み LiB パックの効率的かつ安全な輸送方法を確立するために、使用済み自動車部品や複写機を回収する定期便の空きスペースを有効活用した混載輸送をベース案として、シミュレーションや実験を通じて、効率性・安全性・遵法性の 3 点で整理し、その実現可能性を検証した。

第1章 効率的で安全な輸送方法の検討

まずは安全に輸送するために対応すべき法令について記載する。次に効率的かつ安全に輸送するための包装仕様とその品質を確認するための各種試験について記載する。最後に効率的に輸送するための回収ルート及び積載方法について記載する。

(1) 運搬・保管上の法令対応

回収物流における運搬・保管上の法令対応といえば廃掃法が挙げられるが、本実証は廃掃法の対象外となる。本実証で目指す事業は再資源化(リサイクル)ではなく、再製造(リマニュファクチャリング)であり、使用済み LiB パックを廃棄物ではなく、有価物として回収運搬するためである。また、回収物流においては積載物がすべて有価物ではなく、たとえば廃棄物となる使用済み複写機を運搬する車両での混載もありうるが法令上問題ない。

一方で、LiB パック内の電解液は引火性があり、消防法上危険物に該当する。そこで、危険物取扱に関する運搬・保管上の関連法令について整理を行った。

1) 使用済み LiB パック

本実証で用いる使用済み LiB パックの仕様を以下のように定義する。

表 3-1 LiB パックの主な仕様

項目	仕様(仕様値)
重量	40 kg
大きさ	W703 mm × D545 mm × H216.5 mm
電解液容量	2.0 L
構成	4 モジュール(48 セル)
容量	0.86 kWh (最大蓄電電力容量 25°C 初期値)
定格電圧	173 V
電圧範囲	120 V～201.6 V

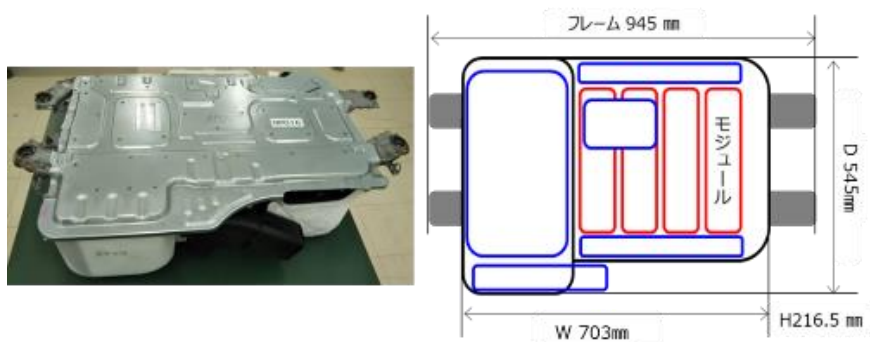


図 3-1 LiB パックの外観写真と寸法

2) LiB の消防法上の位置づけ

消防法では危険物の取り扱いは法第 2 条第 7 項、第 10 条、第 16 条により規制される。LiB の取り扱いについては、平成 7 年に発生した LiB 工場の大規模火災への対応から、平成 8 年の消防庁通達消防危第 48 号により第 4 類の危険物(引火性液体)を電解液として収納する容器とみなし、消防法の引火性液体の取り扱いと受けることになり、LiB の運搬・保管については電池に内包される電解液の引火点で定められる指定数量の規制を受ける。

LiB の電解液の引火点は40℃程度であり、消防法第2条第7項において、第4類第2石油類非水溶性に該当する。危険物の規制に関する政令において、第4類第2石油類の指定数量は1,000 Lと規定されている。

指定数量(1,000 L)以上の第4類第2石油類を貯蔵・取扱う場合には、危険物の規制に関する政令で定める技術基準に適合した施設で行う必要がある。ただし、10日以内の保管であれば、管轄消防署の承認を得ることで仮貯蔵・仮取扱いが可能である。一方で、指定数量未満での貯蔵・取扱いの場合には、各市町村の火災予防条例に基づく必要性があり、指定数量の1/5(200 L)以上の貯蔵・取扱いの場合には、少量危険物施設として管轄消防署への届出が必要になる。

指定数量(1,000 L)以上の第 4 類第 2 石油類を運搬する場合には、数量によらず、消防法上の規制の対象となる。

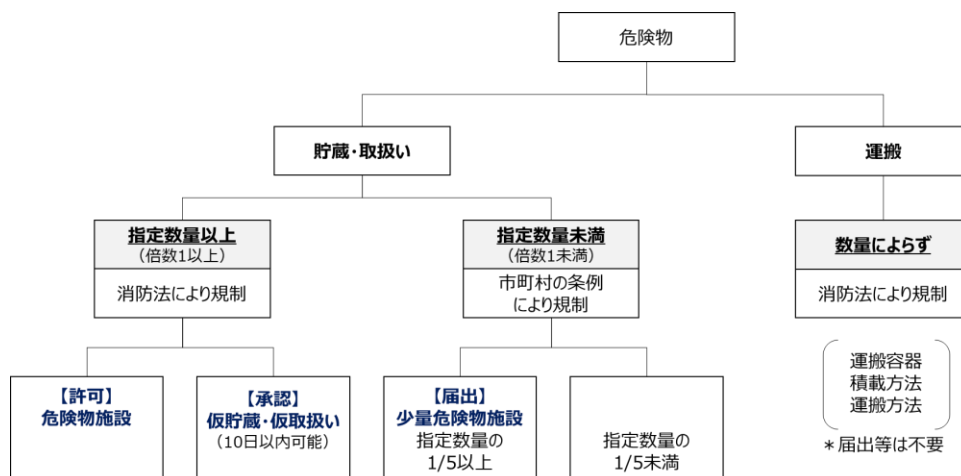


図 3-2 危険物規制の体系(リコー調べ)

3) 本実証での貯蔵・取扱いに係わる法令対応について

本実証の使用済み LiB パック(電解液容量:2.0 L)では、500 台以上の貯蔵・取扱いする場合には危険物施設として許認可が必要となり、100 台以上 500 台未満であれば、少量危険物施設として届出が必要となる。100 台未満であれば、各市町村の条例に従う必要がある。

日本での危険物輸送規則は、陸上輸送に対しては消防法、毒劇物取締法、火薬類取締法、高圧ガス保安法が適用される。また輸送における道路使用については道路法の適用を受ける。また、海上輸送では「危険物船舶運送及び貯蔵規則」及び「船舶による危険物の運送基準等を定める告示」で、航空輸送では「航空法施行規則」及び「航空機による爆発物等の輸送基準等を定める告示」で定められており、それぞれ IMDG コード、ICAO 規則の改訂内容が取り込まれる。

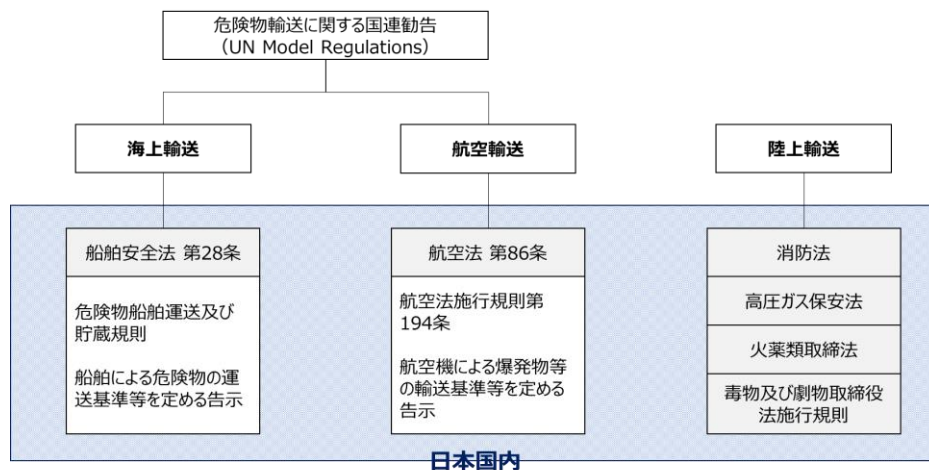


図 3-3 危険物輸送の体系(リコー調べ)

本実証での LiB パックの輸送は国内市場のみを想定しており、また使用済み自動車部品や複写機の回収では航空輸送・海上輸送を利用しないため、使用済み LiB パックの回収物流は国内陸上輸送のみと考えられ、消防法への法令対応が必要と考えた。

使用済み LiB パックの輸送に関する規制について、管轄消防署へ相談し、法令確認等を行った。使用済み LiB パックの場合、電池メーカー・自動車メーカーが新品製造時に運搬容器の性能基準を満たしていると判断された。また、危険物の混載については、混載が禁止されている危険物の組合せがあるものの、使用済み自動車部品や複写機は危険物に該当しないため、混載は問題ないと判断された。ただし、都道府県や市町村によっては、独自の規制を有する場合がありますため、注意が必要になる。

また、日本高速道路保有・債務返済機構の公示により、危険物積載車両の水底トンネル及びこれに類するトンネルの通行禁止及び規制があるものの、指定数量 1/5(200 L)未満の輸送であれば、通行が可能とされている。

5) 本実証での運搬・保管上の法令対応

使用済み LiB パックの回収範囲を日本国内、回収手段を陸上輸送のみとし、一度に輸送できる台数を 100 台未満に制限することで、消防法を遵守した回収輸送が可能である。ただし、本実証では、使用済み自動車部品や複写機を回収する既存回収物流の空きスペースを利用し、使用済み LiB パックを回収拠点で長期保管することなく、分散して効率的に再生拠点へ回収しようとしているため、本事業において上記制約事項(トラック 1 台に 100 台未満の国内陸送)は影響ないと考えられる。

6) 今後の課題

現状、自動車メーカーから HEV の LiB パックに含まれる電解液の容量は開示されていない。消防法に則り、使用済み LiB パックを効率的かつ安全に回収し運搬・保管するためには、電解液容量の開示が必要不可欠である。

(2) 輸送形態の設計と安全性検証結果

本事業では、使用済み LiB パックを安全かつリユース品質を維持できる運搬・保管方法を検証するために、耐震・耐衝撃性を考慮した専用簡易包装を設計し、耐久性試験を実施した。これらの検討と試験結果等を記載する。

1) 使用済み LiB パックの簡易包装仕様の検討

使用済み LiB パックの簡易包装仕様について、以下 8 つのパターンを検討した結果、イレクターパイプとメッシュパレットを組み合わせたオリジナルメッシュパレットを採用することにした。

表 3-2 使用済み LiB パック専用包装

形状	イレクターパイプ式 通い棚	ブラダン式 通い箱	鉄容器(折りたたみ)	メッシュパレット(折りたたみ)
イメージ図				
外寸(板)	1050mm × 600mm × h450mm	1050mm × 600mm × h450mm	1100mm × 670mm × h440mm	1100mm × 600mm × h500mm
耐荷重	約300kg	約300kg	約300kg	約300kg
段積効率	4段積	4段積	2段積	2段積
LiBパック積載数	4パック(1パック×4段)	4パック(1パック×4段)	2パック(1パック×2段)	2パック(1パック×2段)
包装材強度	要検証	要検証	○	○
荷役作業性	○	○	△(前かがみ作業となる)	△(前かがみ作業となる)
汎用性	×	×	○	○
価格	○	○	△	△
形状	ブラダン式 通い箱 B	ハーフパレット	パレットサポータ	カゴ車
イメージ図				
寸法	1010mm × 590mm × h310mm	1100mm × 550mm × h120mm	1230mm × 1230mm × h1220mm	1100mm × 1100mm × h1700mm
耐荷重	約200kg	約500kg	約1,000kg	約500kg
段積効率	×	×	×	×
LiBパック積載数	1パック(1パック×平積み)	1パック(1パック×平積み)	2パック(2パック×平積み)	2パック(2パック×平積み)
包装材強度	要検証	○	○	○
荷役作業性	×(前かがみ作業/フォーク作業NG)	○	○	○
汎用性	×	○	○	○
価格	○	○	△	△

イレクターパイプ改造(仕切板+イレクターパイプ)

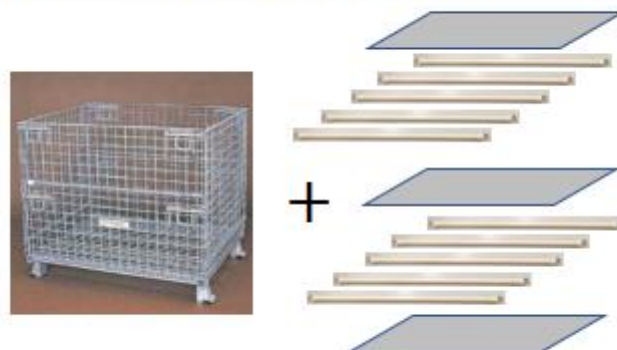


図 3-4 オリジナルメッシュパレット概略図

以下に本事業で採用したオリジナルメッシュパレットの主な特徴を記載する。

表 3-3 オリジナルメッシュパレットの主な特徴

項目	説明
積載効率	メッシュパレット 1 個あたり、6 個の LiB パックを積載可能である。 昨年度の輸送試験で採用されたイレクターパイプ方式の比較対象として使われたオリジナルメッシュパレットは 4 個の LiB パックを搭載していたが、包装資材の改良により本年度は 1.5 倍の積載効率となった。
包装資材の調達	いずれも一般的な資材であるため、調達が容易である。 ただし、メッシュパレットは加工不要だが、仕切り板とイレクターパイプは、それぞれサイズ加工やフックの取り付け加工が必要である。専用包装資材となるため、実運用時は回収物流において循環させる必要がある。
作業性	メッシュパレットは 2 段積載ができ、フォークリフトによる荷役作業も可能である。
クロスドック対応	メッシュパレットは、輸送業界で汎用的に使われている部材であるため、LiB パックを取り出してから御殿場 RRC(図 3-39 参照)に運ぶまで同一のメッシュパレットを使うことが可能である。すなわち各集約拠点ではメッシュパレットのままの積み替え(クロスドック)に対応可能である。
実績	リコーでは、本事業で採用するオリジナルメッシュパレットと同様の構造を持つ「複写機カートリッジ輸送用オリジナルメッシュパレット」を利用しており、この構造と運用の利用実績がある。(詳細は後述)



図 3-5 メッシュパレット 2 段積載①



図 3-6 メッシュパレット 2 段積載②

【複写機カートリッジ輸送用オリジナルメッシュパレットについて】

既成メッシュパレット(1,200 mm×1,000 mm×H 900 mm)に、イレクターパイプ(伸縮可)を数本通して、その上にプラスチック段ボールと滑り止めシートを敷き、簡易ラックを作ったオリジナルメッシュパレット。リユース対象のカートリッジ(複写機の交換部品)を効率的に輸送するために、リコーグループ内で使用されている。イレクターパイプ 4 本で約 40 kgのカートリッジを輸送中である。

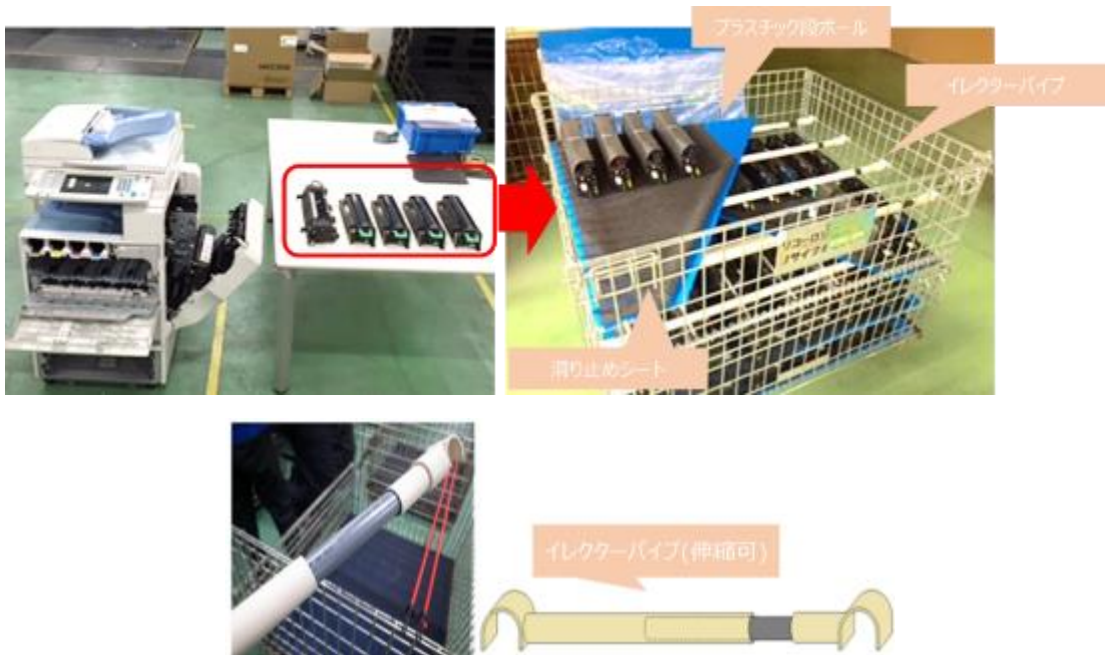


図 3-7 オリジナルメッシュパレットの概略図

昨年度事業では輸送時の積載効率、荷役作業の効率性、汎用性、価格などの観点より、「イレクターパイプ式循環ラック」(図 3-8)を採用した。イレクターパイプ式循環ラックは、耐荷重が約 300 kgあり、リコーグループ内での貨物輸送で実績がある。4 段積載ができフォークリフトによる荷役作業が可能であり、循環型ラックとして使用できる。専用包装材となり汎用性は低い、積載効率と輸送作業の安全性を考慮し採用した。

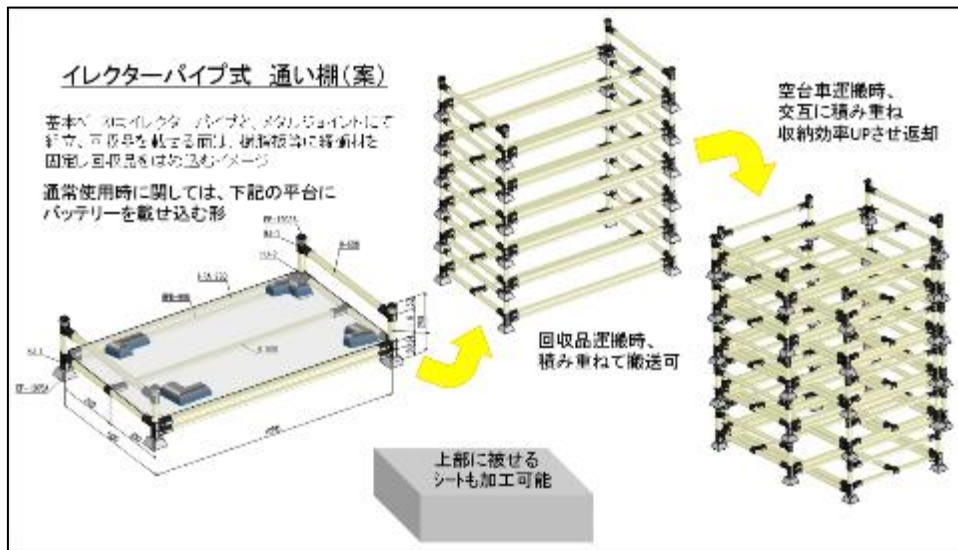


図 3-8 イレクターパイプ式循環ラック構想案

しかし、オリジナルメッシュパレットの積載効率が向上したことや、1次回収や2次回収まで見据えた時のメッシュパレットの汎用性の高さことから、今年度はイレクターパイプ式循環ラックの採用は見送った。

2) 試験の概要

以下に試験全体の概要を記載する。

表 3-4 試験全体概要

項目	説明
目的	オリジナルメッシュパレットの包装設計評価
日時	2019年8月23日(金)
場所	株式会社リコー テクノロジーセンター (神奈川県海老名市泉 2-7-1)
対象物	オリジナルメッシュパレット+ダミーLiB パック (本試験では、LiB パック内の LiB モジュール部分を抜き取り、同重量のダミーとした)
対象物重量	380kg
評価方法	JIS Z0200 に基づき評価
実施試験	振動実験、衝撃試験(落下)
流通条件区分	レベル 2

以下に、流通条件区分の目安を記載する。本試験では、長距離国内輸送で温帯気候における適切な輸送の設定で試験内容を検討した。

表 3-5 流通条件区分の目安

区分	区分の目安
レベル 1	非常に長い運転距離(2,500 km以上)又は輸送基盤が劣悪な条件であることが予想される。
レベル 2	長距離の国内輸送又は国際輸送で、温暖気候における適切な輸送が行われる。
レベル 3	短距離の国内輸送(200 km以下)で、特定のハザードがない。

3) 試験内容

3-1) 試験の実施順序

以下の順序で試験を実施した。バンド固定ありの条件を先に実施することで、同一のバンド固定の条件で振動試験と衝撃試験を実施するためである。

1. 振動試験(供試品バンド固定あり) (図 3-9)
2. 衝撃試験(供試品バンド固定あり) (図 3-11)
3. 振動試験(供試品バンド固定なし) (図 3-10)
4. 衝撃試験(供試品バンド固定なし) (図 3-12)

3-2) 振動試験の詳細

以下に振動試験の詳細を記載する。

表 3-6 振動試験の詳細

項目	説明	
試験室環境	22.4 °C / 52.6 %(R.H.)	
供試数	1 台	
使用機器	大型 3 軸振動試験機: VTS-70ES-3sim/20-100EQ(国際計測器社)	
試験条件	■ランダム波	【1】供試品バンド固定あり 0.59 Grms / 90 分 / z 方向 / 1 回
		【2】供試品バンド固定なし 0.59 Grms / 20 分 / z 方向 / 1 回
	□サイン波	
	□その他	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・PSD は JIS Z0200 プロファイルを使用(3 Hz~200 Hz) ・メッシュパレットにラッシングベルト固定あり ・試験台の損傷防止のため、試供品の設置部周辺に鉄板 4 か所配置(両面テープ固定) ・供試品の固定には PP バンドを利用 	



図 3-9 振動試験の測定環境
(供試品バンド固定あり)



図 3-10 振動試験の測定環境
(供試品バンド固定なし)

3-3) 衝撃試験(落下)の詳細

以下に衝撃試験の詳細を記載する。

表 3-7 衝撃試験の詳細

項目	説明	
試験室環境	24.4 °C / 52.6 %(R.H.)	
供試数	1 台	
使用機器	懸垂落下試験装置: QR-3000(ランスモント社)	
試験条件	試験方法	片支持自由落下
	落下高さ	20cm
	落下回数	【1】供試品バンド固定あり 3-5/3-6: 各 2 回 2-3/3-4: 各 1 回
		【2】供試品バンド固定なし 3-5/3-6: 各 2 回
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・支持台高さ: 15 cm ・衝撃稜: 3-5/3-6 底稜: JIS Z0200 に基づく 2-3/3-4 底稜: 独自試験条件 ・応答加速度計測: 試験【1】にて計測 ・床への傷防止の為、供試品の落下箇所周囲に鉄板を配置 	



図 3-11 片支持自由落下試験の吊り上げ状況(供試品バンド固定あり)



図 3-12 片支持自由落下試験の吊り上げ状況(供試品バンド固定なし)

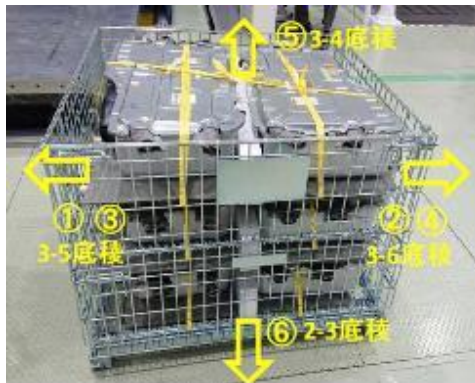


図 3-13 落下方向と落下順序
(メッシュパレット開口部基準)

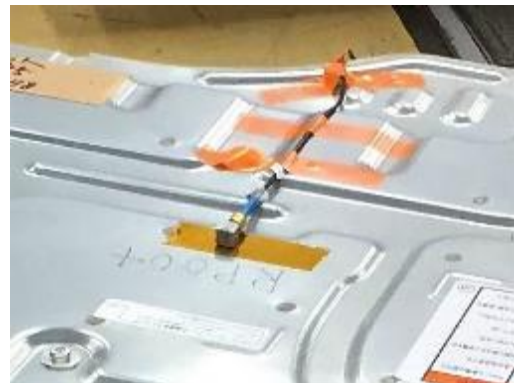


図 3-14 加速度ピックアップ取り付けイメージ
(H30 年度事業時に撮影)



図 3-15 3-5/3-6 底稜の落下試験
(供試品バンド固定あり)



図 3-16 2-3/3-4 底稜の落下試験
(供試品バンド固定あり)



図 3-17 3-5/3-6 底稜の落下試験
(供試品バンド固定なし)

4) 試験結果

振動試験、衝撃試験ともに供試品の外観上の破損はみられなかったため、オリジナルメッシュパレットは基本的な包装機能を保持していると考えられる。ただし、実運用に向けてはいくつか改善する点があることが明らかになった。

4-1) 振動試験の結果

振動試験の詳細を記載する。供試品をバンド固定した状態で振動試験を実施したところ、供試品がメッシュパレット内を上面から見て時計回りに移動し、各段の供試品とメッシュパレットの長手右側とが計 6 ヶ所で接触した。メッシュパレットには線径 6mm に対して最大 3mm の削れが発生した。削れの原因は接触状態での継続的な振動によるものと考えられる。

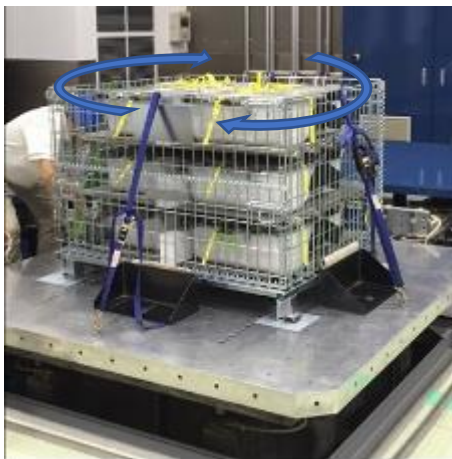


図 3-18 振動試験中に供試品が時計回りに移動

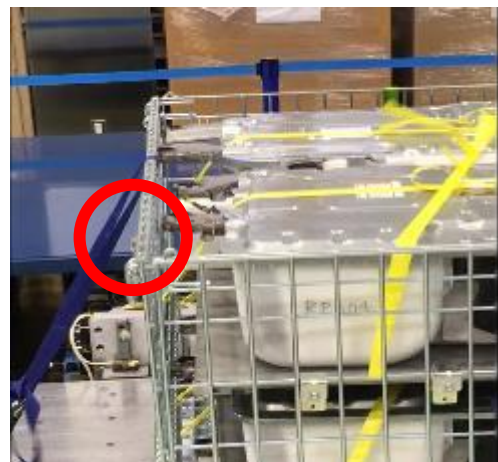


図 3-19 供試品の板金がメッシュパレットに接触(右側面より撮影)



図 3-20 供試品の板金がメッシュパレットに接触(前方より撮影)



図 3-21 供試品の板金がメッシュパレットに接触(後方より撮影)



図 3-22 メッシュパレットの削れ



図 3-23 メッシュパレットが削れた鉄粉が付着した仕切り板

また、供試品の移動による緩衝材の一部凹みや全体的な反りと、エレクターパイプに取り付け加工されたフックのネジ脱落が発生した。ネジ脱落については、ネジが包装に不要であることから甘い締め込み状態で試験を行い、振動によって緩み脱落したものと考えられる。



図 3-24 緩衝材の凹み



図 3-25 緩衝材の反り



図 3-26 イレクターパイプに加工されたフック
のネジが脱落

続いて供試品のバンド固定なし条件での試験を実施した。この試験でも供試品はメッシュパレット内を上面から見て時計回りに移動した。試供品の移動量はバンド固定あり条件の結果より大きかった。これは、バンド固定がないことにより移動の制約が減ったためだと考えられる。また、メッシュパレットの削れは発生しなかった。これについても、移動の制約が減ったためであり、メッシュパレットと試供品が接触している状態からさらに移動しやすくなり、接触状態を維持しにくくなったと考えられる。

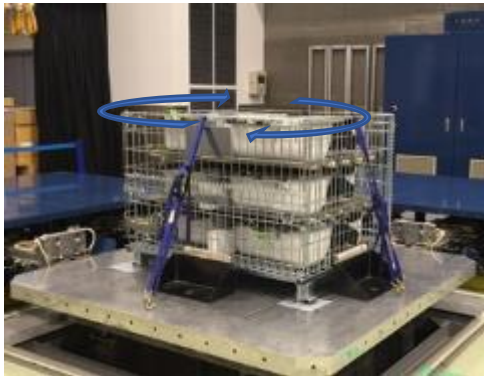


図 3-27 振動試験中に供試品(バンド固定なし)が時計回りに移動



図 3-28 振動試験中に供試品(バンド固定なし)が時計回りに移動(上面より撮影)



図 3-29 メッシュパレットの削れはなし

また、バンド固定あり条件では発生しなかった緩衝材の倒れが発生した。これは、バンド固定がないことで試供品の移動制約が減ったことにより、試供品同士の間隔が広がり、緩衝材が倒れる空間が発生したためだと考えられる。



図 3-30 緩衝材の倒れ

4-2) 衝撃試験の結果

衝撃試験の詳細を記載する。供試品をバンド固定した状態で衝撃試験を実施したところ、供試品のメッシュパレットへの噛み込みと、仕切り板の凹み(メッシュパレットへのめり込み)が発生した。

供試品はバンドで仕切り板とエレクターパイプとに固定されているが、バンドの遊びや、仕切り板やエレクターパイプにもメッシュパレットとの接続に遊びがあることから、発生したと考えられる。



図 3-31 メッシュパレットへの噛みこみ



図 3-32 仕切り板の凹み(メッシュパレットへのめり込み)

衝撃試験時の最大加速度は表 3-11 と図 3-36 に示す 3-6 底稜とした試験の 2 回目の 37.39G であった。以下に、加速度の波形データを示す。波形データは 3 軸、すなわち、Ch1(赤線)のメッシュパレットの長手面方向、Ch2(緑線)の短手面方向、Ch3(黄線)の垂直方向で取得しており、試験が斜め方向への落下のため 3 軸合成した Triaxial(白線)が最大値となる。

表 3-8 3-5 底稜とした試験の実行結果(1 回目)

	Channel Description:	G's	msec	m/s	Filter Hz	Max G's	Min G's
Ch1	Channel 1(160788A)	7.10	2.50	0.10	330.00	7.10	-4.95
Ch2	Channel 2(160788A)	6.74	25.10	1.12	330.00	6.74	-4.14
Ch3	Channel 3(160788A)	32.71	1.20	0.23	330.00	32.71	-26.66
Triaxial	Vector Resultant Magnitude	32.91	5.60	4.34	None	32.91	0.03

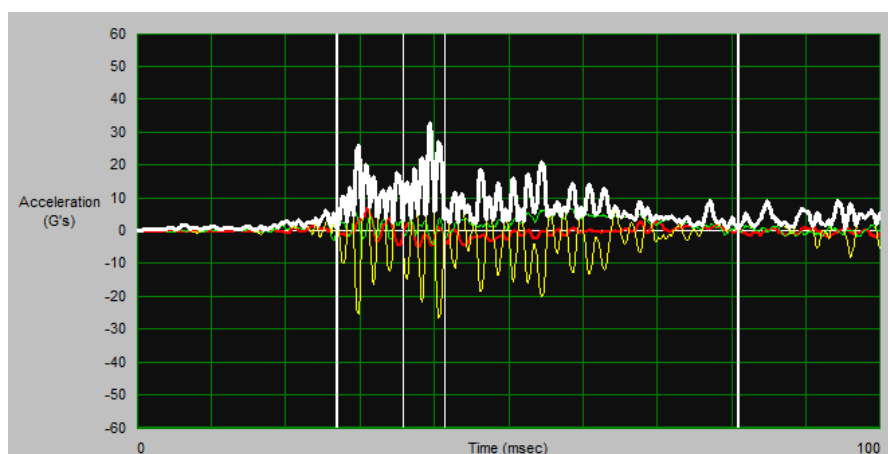


図 3-33 3-5 底稜とした試験の波形データ(1 回目)

表 3-9 3-6 底稜とした試験の実行結果(1 回目)

	Channel Description:	G's	msec	m/s	Filter Hz	Max G's	Min G's
Ch1	Channel 1(160788A)	6.99	6.30	0.33	330.00	6.99	-5.59
Ch2	Channel 2(160788A)	9.14	11.10	0.48	330.00	9.14	-4.67
Ch3	Channel 3(160788A)	23.36	2.80	0.35	330.00	23.36	-5.80
Triaxial	Vector Resultant Magnitude	24.31	22.20	3.28	None	24.31	0.07

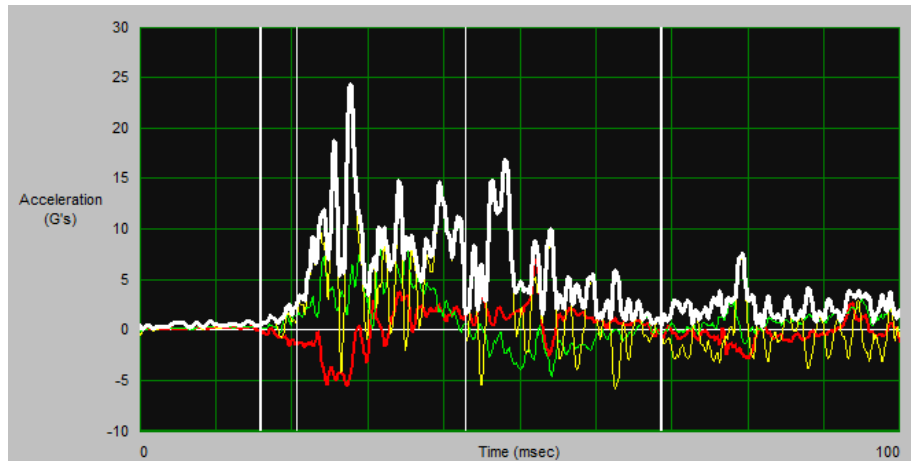


図 3-34 3-6 底稜とした試験の波形データ(1 回目)

表 3-10 3-5 底稜とした試験の実行結果(2 回目)

	Channel Description:	G's	msec	m/s	Filter Hz	Max G's	Min G's
Ch1	Channel 1(160788A)	8.60	4.60	0.21	330.00	8.60	-7.48
Ch2	Channel 2(160788A)	7.22	4.20	0.15	330.00	7.22	-4.45
Ch3	Channel 3(160788A)	18.82	1.10	0.12	330.00	18.82	-14.19
Triaxial	Vector Resultant Magnitude	19.73	20.70	4.21	None	19.73	0.05

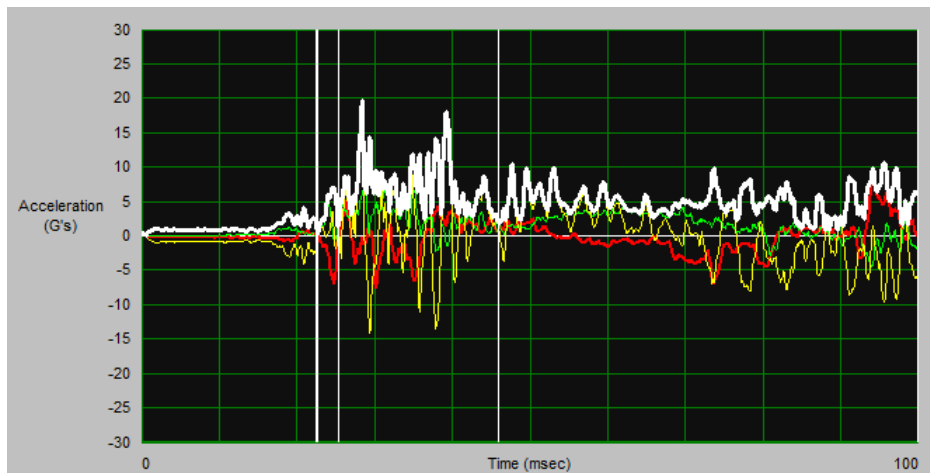


図 3-35 3-5 底稜とした試験の波形データ(2 回目)

表 3-11 3-6 底稜とした試験の実行結果(2 回目)

	Channel Description:	G's	msec	m/s	Filter Hz	Max G's	Min G's
Ch1	Channel 1(160788A)	7.08	4.90	0.16	330.00	7.08	-4.82
Ch2	Channel 2(160788A)	12.18	6.40	0.39	330.00	12.18	-2.41
Ch3	Channel 3(160788A)	37.16	1.50	0.76	330.00	37.16	-9.46
Triaxial	Vector Resultant Magnitude	37.39	8.90	1.53	None	37.39	0.07

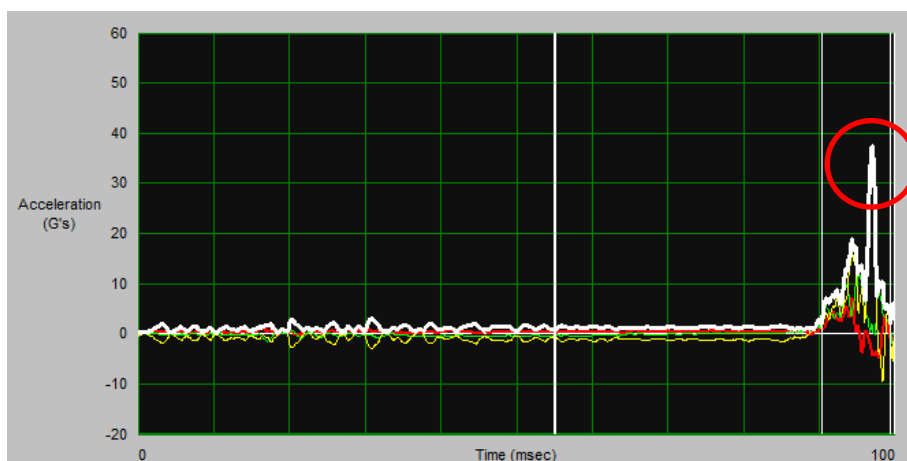


図 3-36

3-6 底稜とした試験の波形データ(2回目)表 3-12 2-3 底稜とした試験の実行結果

	Channel Description:	G's	msec	m/s	Filter Hz	Max G's	Min G's
Ch1	Channel 1(160788A)	1.84	1.90	0.01	330.00	1.84	-0.72
Ch2	Channel 2(160788A)	1.82	0.80	0.01	330.00	1.82	-1.07
Ch3	Channel 3(160788A)	6.69	1.00	0.03	330.00	6.69	-2.40
Triaxial	Vector Resultant Magnitude	6.69	1.80	0.17	None	6.69	0.01

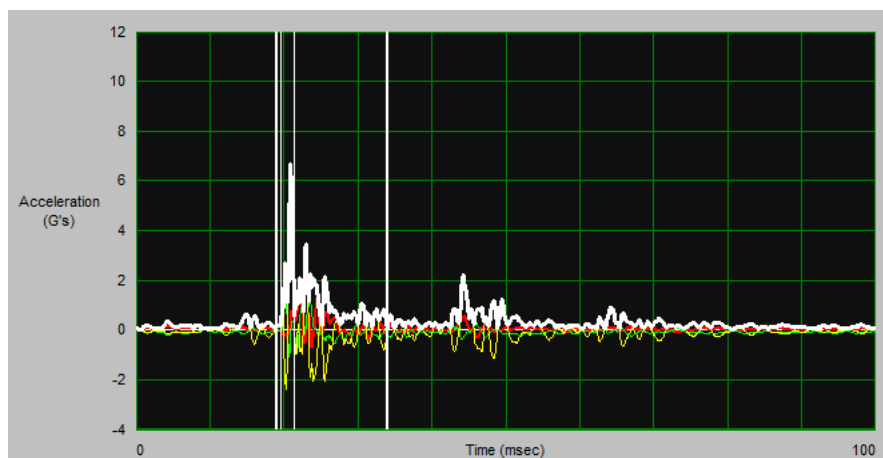


図 3-37 2-3 底稜とした試験の波形データ

次に、供試品のバンド固定なしでの衝撃試験を実施したところ、供試品のメッシュパレットへの噛み込みが発生した。供試品は固定されていないことから衝撃を受けた際の移動の制約がないため、メッシュパレットへの噛み込みが発生したものと考えられる。



図 3-38 メッシュパレットへの噛みこみ(バンド固定なし)

5) 今後の取り組み

エレクターパイプを改善することで、メッシュパレットに従来の 1.5 倍となる 6 個の LiB パックを搭載できる包装を検討した。積載効率の改善だけでなく、輸送業界で汎用的に使われているメッシュパレットをベースにしたことで、輸送時の積み込み作業の柔軟性も向上すると考えられる。

また振動試験、衝撃試験ともに供試品の外観上の破損はみられなかったため、オリジナルメッシュパレットは基本的な包装機能を保持していると考えられる。ただし、実運用に向けてはいくつか改善する点があることも明らかになった。いずれの試験でも仕切り板上の LiB パックのずれが発生し、振動時はメッシュパレットの削れが発生し、衝撃時はパレットへの LiB パックの噛み込みが発生した。バンドで LiB パックを固定していても発生していることから、バンドの固定方法の見直しや、仕切り板に滑り止め加工するなどの対策が考えられる。

(3) 回収ルート及びトラック積載方法の検討

効率的な回収ルート及びトラック積載方法の要となるのが、既存回収物流との混載輸送である。そこで、まず既存回収物流について記載する。次に、回収する LiB パックの発生地点から、LiB パックを再商品化する拠点までの回収ルート及びトラック積載方法のプランを記載し、その課題と対策案についてまとめる。

1) 複写機の回収物流

既存の回収物流として、リコーの複写機の場合について記載する。以下にリコーの複写機回収物流網を示す。

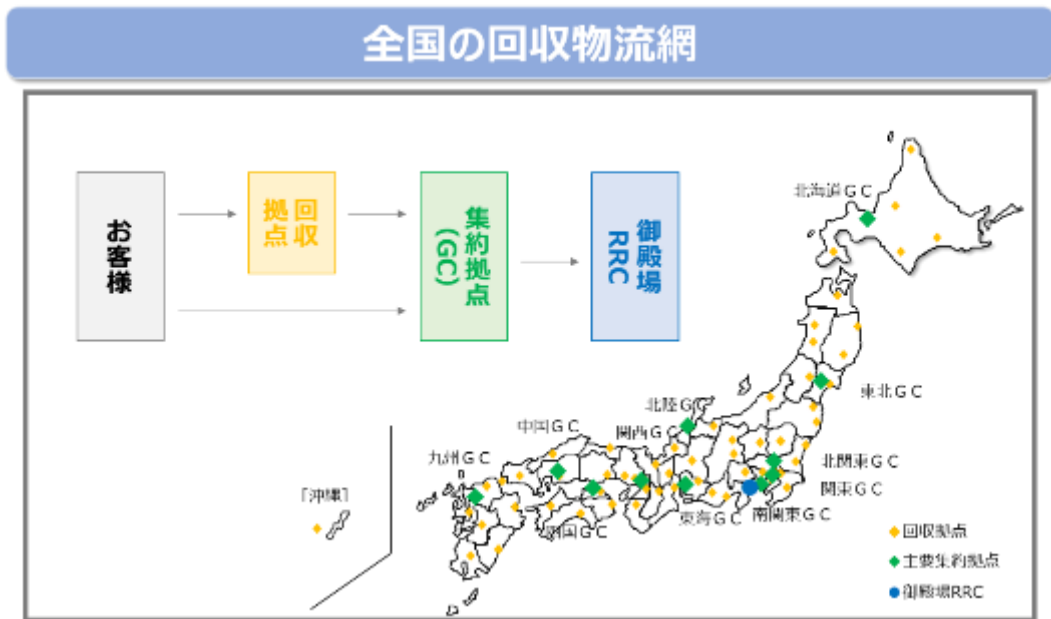


図 3-39 リコー複写機の回収物流網

使用済み複写機は、全国のお客様のもとより回収拠点:95 拠点を経て、集約拠点:23 拠点/グリーンセンター(以下、GC)に集荷され 1 次選別(機種選別/外観検査)される。選別されリユース対象となった複写機は、静岡県御殿場市のリユース・リサイクルセンター(以下、御殿場 RRC)に集約される。

複写機のリユースには、大きく「本体リユース」と「部品リユース」の 2 つがある。本体の劣化や破損でリユース対象にならない複写機でも、本体内にリユース可能な部品がある場合はリユース対象として御殿場 RRC に集約する。また、西日本の中核拠点である関西リサイクルセンターでは、本体からリユース対象部品を抜き取り、複写機カートリッジ輸送用オリジナルメッシュパレット(図 3-7 参照)で効率的に御殿場 RRC へ輸送する。こうしたことを実現するために複写機の回収網では、バーコードにより個体管理を徹底している。以下に複写機の個体管理のフローを示す。

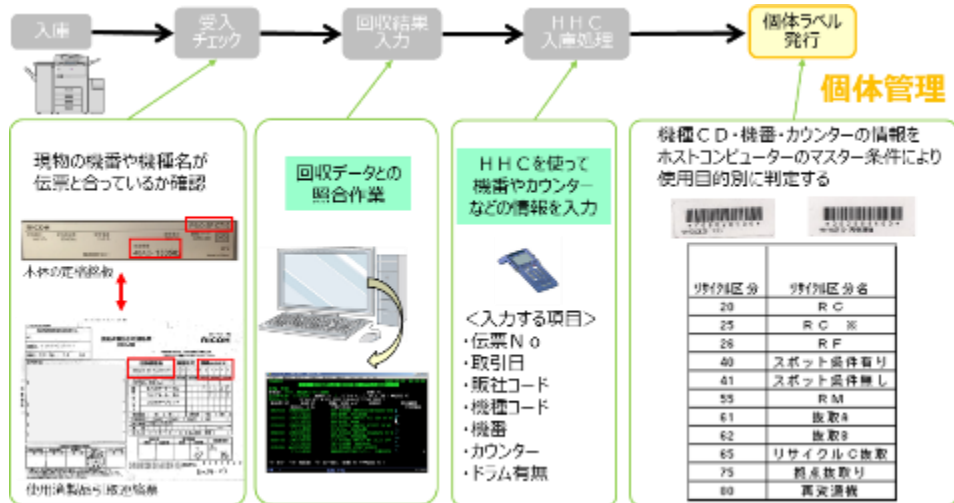


図 3-40 複写機の個体管理

このように管理されたリユース品を輸送するために、ほぼ毎日のように、集約拠点から御殿場 RRC への定期便が走っている。回収物流においては回収便が満載になったら次工程へ輸送するという考え方ではないため、使用済み複写機を回収拠点や集約拠点に滞留させず、常にモノを流すことに気をつけている。モノを流し続けることで、回収・集約拠点での使用済み複写機の長期滞留在庫を防ぎ、スペースと保管費用の削減を図っている。以下に、各回収物流のフローを示す。

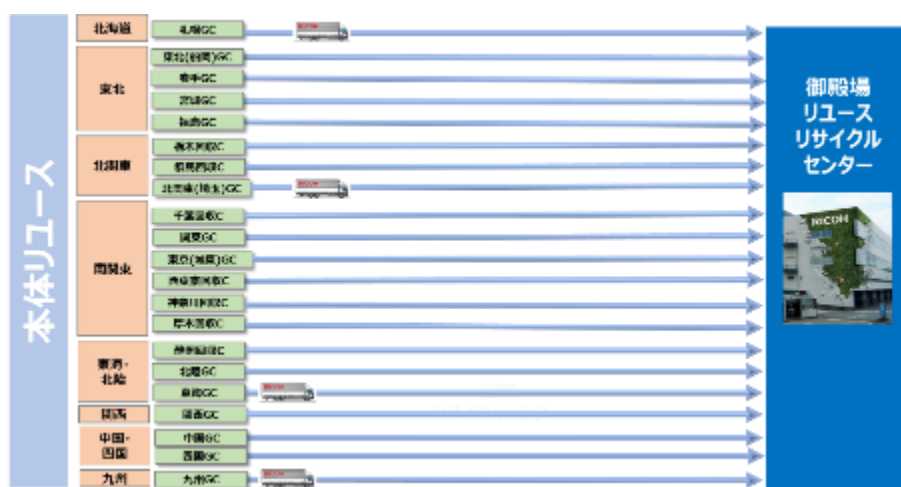


図 3-41 本体リユース回収物流

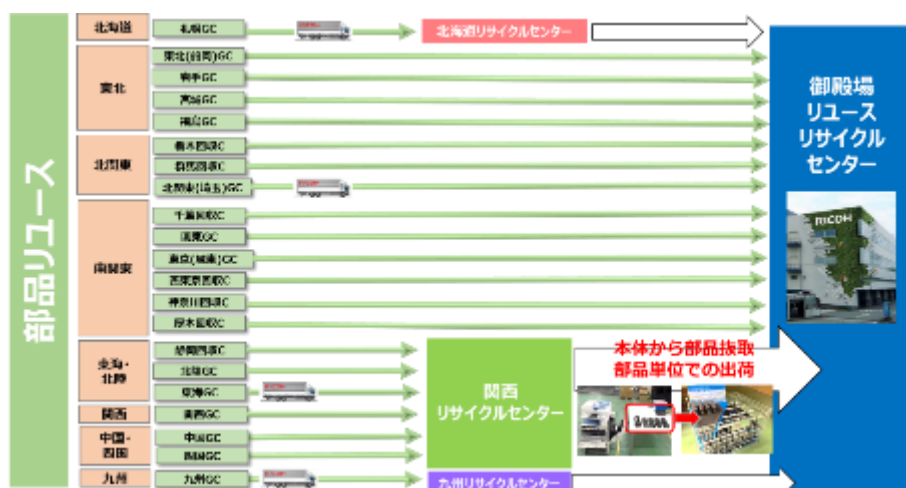


図 3-42 部品リユース回収物流

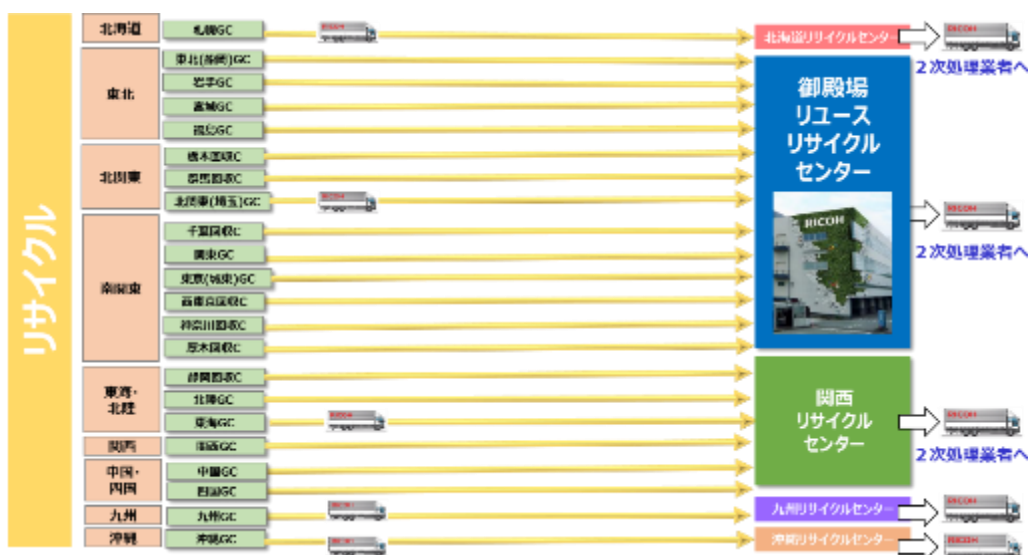


図 3-43 リサイクル回収物流

物流効率を考え、回収便ができるだけ満載になるようにコントロールはするものの、前述のようにトラックを定期便で運用しているため全ての空きスペースを無くすことは難しい。当然、空きスペースが生じる場合があるので、使用済み LiB の輸送においては、その空きスペースに混載し、御殿場 RRC まで“ついで”に輸送することがポイントになる。

2) 回収と廃棄の現状調査

HEV の年間廃車台数は 2025 年以降に数十万台規模に達する見通しであり、廃車時に HEV から回収される LiB パックについてもそれに相当する回収量が発生すると見立てている。廃車時に発生した LiB パックの回収や廃棄の状況について現状調査を行うために、自動車解体業者 3 社を訪問して情報収集を行った。

2-1)自動車解体業者への訪問結果

自動車解体業者に回収された HEV の廃車台数を調査したところ、2 社(解体業者 B、解体業者 C)から回答を頂くことができ、いずれも 3 台／月程度ということであった。この台数は、各社が取り扱っている自動車解体数に対して 0.1～1%程度の規模である。2018 年度の国内新車販売台数に占める HEV の販売台数の割合が 28%程度ある事を踏まえると、今回の現状調査時点ではまだ廃車 HEV の発生が本格化している状況にはないと言える。

また、回収された LiB の廃棄等の取扱いについては、3 社から回答を頂くことができ、いずれも解体で発生した LiB パックは自動車メーカーもしくは(一社)自動車再資源化協力機構(以下、自再協)によって無償回収されるという回答であった。これは、2018 年に自動車メーカーによって構築された回収スキームであり、後段で紹介する。

表 3-13 解体業者 A への訪問結果

事業内容	<ul style="list-style-type: none"> • 使用済み自動車の解体 • 自動車中古パーツの販売 • 事故車の買取 • 部品・車両の海外湧出
解体車両の 主な入手先	<ul style="list-style-type: none"> • 損保会社 ※カーディーラー回収の中古車に比べて部品の程度が良いため、中古パーツ販売する魅力があるため
HEV の解体台数	(情報なし)
LiB のリユース・リサイクルに関する 情報	<ul style="list-style-type: none"> • LiB はニッケル水素電池に比べて、コバルトなどのレアメタルの有価物量が少ない • LiB はニッケル水素電池に比べて、保守部品としてのニーズがない • そのため、LiB はリユースにもリサイクルにも難点があるため現状事業化を考えていない • 解体後、LiB は自動車メーカーが全量回収

表 3-14 解体業者 B への訪問結果

事業内容	<ul style="list-style-type: none"> 使用済み自動車の解体(400～500 台/月) 製鋼・鋳造原料、非鉄金属原料等の加工・販売 産業廃棄物の収集運搬・処分
解体車両の 主な入手先	<ul style="list-style-type: none"> カーディーラー 市内及び隣接市の半径 50km 以内 <p>※それ以上の距離だと輸送コストに見合わない</p>
HEV の解体台数	<ul style="list-style-type: none"> 3 台程度/月
LiB のリユース・リ サイクルに関する 情報	<ul style="list-style-type: none"> 引取業者からの連絡後、カーキャリアやユニック車を使い使用済み自動車を引取業者から回収 使用済み自動車からの LiB 取り外し作業:2 名、10～20 分程度 解体後、自動車工業会による回収スキームで LiB を回収してもらう

表 3-15 解体業者 C への訪問結果

事業内容	<ul style="list-style-type: none"> 使用済み自動車の解体(3,000 台/月) 自動車中古パーツの販売 車両買取・販売
解体車両の 主な入手先	<ul style="list-style-type: none"> 半径 50km 以内の取引先
HEV の解体台数	<ul style="list-style-type: none"> 3 台程度/月
LiB のリユース・リ サイクルに関する 情報	<ul style="list-style-type: none"> 自動車メーカーによるニッケル水素電池の買取価格は 2,500～4,000 円/個であるが、LiB の買取は無く無償回収 LiB はニッケル水素電池に比べて、保守部品としてのニーズがない

2-2)自動車メーカーによる LiB 回収スキーム

HEV や EV に搭載されている LiB は、2015 年の自動車リサイクル法審議会合同 WG にて、適正処理のセーフティネット構築の必要性が示されたことを受け、(一社)日本自動車工業会が LiB の回収・リサイクルの仕組み構築を支援し、自再協を窓口とした無償回収スキームが構築された。2018 年 10 月より運用が開始されている。

この無償回収の方法は図 3-34 の通りである。廃棄物処理法・広域認定制度の認定に基づいて、自動車メーカー等が加盟する自再協が収集運搬業者及び処分業者に処理委託を行い、収集運搬業者が解体業者等の排出事業者から LiB パックを回収し、処分業者が電炉や焼却炉によるスラグ化処理による方法や焼成・溶媒抽出による方法等で処理を行う。

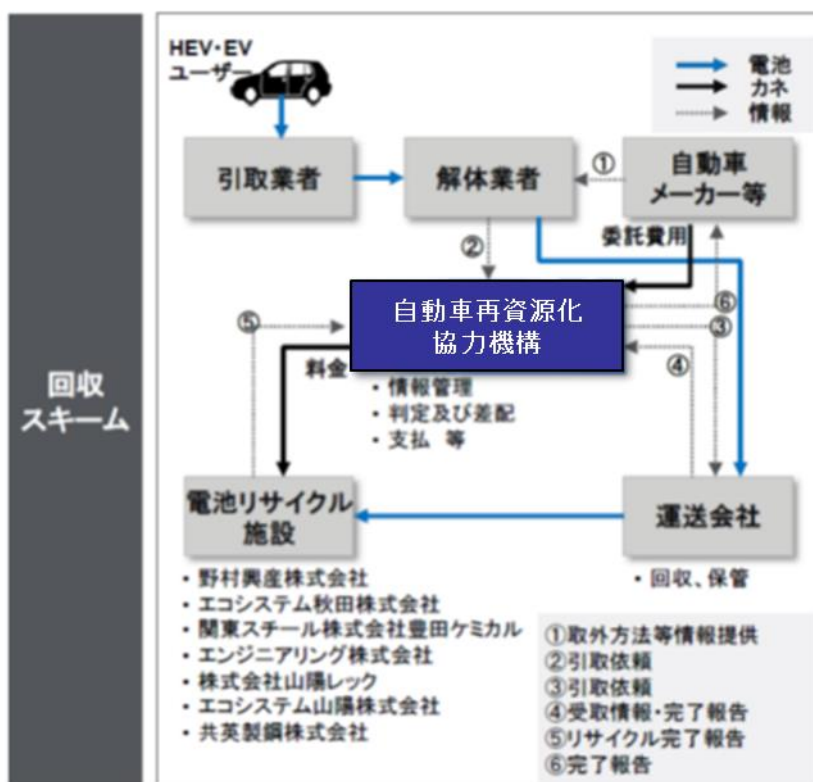


図 3-44 自動車メーカーによる LiB 回収スキーム(リコー調べ)

以下に自再協の回収対象物と非回収対象物を示す。

表 3-16 自再協の回収対象物と非回収対象物(リコー調べ)

分類	条件
回収対象物	以下の条件を全て満たしているバッテリー <ul style="list-style-type: none"> ・車載用リチウムイオンバッテリーが産業廃棄物となったもの ・排出事業者から廃棄物として排出されるもの ・本回収システムに加入している自動車メーカー等のもの
非回収対象物	以下の条件に当てはまるバッテリー <ul style="list-style-type: none"> ・鉛蓄電池、ニッケル水素電池 ・改造したもの、分解したもの

以下に自再協に加盟している自動車メーカー等を示す。(リコー調べ)

- ・ いすゞ自動車
- ・ スズキ
- ・ ダイハツ工業
- ・ 日産自動車
- ・ SUBARU

- ・ 三菱自動車工業
- ・ マツダ
- ・ トヨタ自動車
- ・ 三菱ふそう
- ・ 本田技研工業

現時点の回収方法には、LiBパックを廃棄物として扱うため収集運搬業者の選定に廃棄物処理法・広域認定制度の制約がある。また、いまだHEVの回収量が少ないため個別回収していることが想定され、いずれも輸送コストが高くなる要因と考えられる。

3) 使用済み LiB の混載回収物流プラン

以下に本事業で採用した混載回収物流プランを示す。



図 3-45 使用済み LiB の混載回収物流プラン

使用済み LiB パックが発生する自動車販売店や解体業者から再製品化拠点までを1度に輸送せず、途中2か所の集約拠点を經由する1次回収、2次回収、3次回収に分けて輸送する。この物流プランのポイントは、2点ある。混載輸送とオリジナルメッシュパレットの活用である。以下に、各回収の概要を示す。

表 3-17 各回収の概要

対象	回収元	回収先	説明
1次回収	自動車販売店 解体業者	資源回収業者倉庫	・資源回収業者による中古自動車部品との混載輸送 ・オリジナルメッシュパレット利用
2次回収	(同右上)	リコー集約倉庫	・資源回収業者による LiB パック専用輸送 ・オリジナルメッシュパレット利用
3次回収	(同右上)	御殿場 RRC	・リコーの複写機やリユース部品との混載輸送 ・オリジナルメッシュパレット利用

以降では、この各回収の詳細を説明する。

3-1) 1 次回収

使用済み LiB の主な回収起点は、自動車解体業者になる。使用済みの自動車は引取業者(自動車販売店/中古車販売店/自動車整備工場など)によって引き取られ、自動車解体業者へと引き渡され廃車手続きを経て、LiB は車から降ろされる。

これを自動車解体業者から御殿場 RCC に直接運ぶ事は効率が悪い。10tトラックなどの大型トラックにてまとめて輸送する方が高効率だが、大型トラックにまとめるには2つ問題がある。1つは自動車解体業者での LiB パックの発生量で、もう1つは一度に運べる LiB パックの輸送量である。発生量については、現時点では前述のヒアリングのとおり月 3 台程度だが、大型トラックにオリジナルメッシュパレットを使って輸送すると LiB パックをトラック 1 台に 200 個ほど積み込むことが可能であるものの、発生量が少なすぎて長期保管が必要になってしまう。また輸送量については、前述の消防法対応のため、そもそも 100 個ほどしか積み込むことができず、トラックの積載効率が悪くなってしまふ。したがって、本回収物流プランでは 1 次回収は一旦集約拠点に回収することになっている。

本回収物流プランで 1 次回収を担うのは、既存の資源回収業者である。資源回収業者は以下のような自動車部品を回収している。



図 3-46 資源回収業者の回収部品例

この既存の回収物流に LiB パックも混載する。LiB パックの回収は、前述のように消防法の対象とはなるものの、輸送自体が特別困難というわけではない。自動車メーカー各社が、日本国内の自動車解体業者向けに、HEV/PHEV/EV の車載バッテリー回収・取扱いマニュアルを作成し、公開をしている。各社のマニュアルを遵守し、使用済み LiB パックの回収時の取り扱いを実施することで、安全性を担保した輸送は可能である。以下に LiB パックの回収マニュアルの例を示す。



図 3-47 車載用バッテリー回収マニュアル 例)本田技研工業(株)

また、この 1 次回収では LiB パックにオリジナルメッシュパレットを利用する。オリジナルメッシュパレットで用いるメッシュパレットは、輸送業界で一般的に使われているため、1 次回収の時点で LiB パックをメッシュパレットに積み込むことで、以降の集約拠点では同一のメッシュパレットを使い続けることが可能である。すなわち各集約拠点ではメッシュパレットのままの積み替え(クロスドック)に対応可能となる。

3-2) 2 次回収

1 次回収の集約拠点として、資源回収業者の倉庫に自動車部品と共に LiB パックが回収される。2 次回収では、資源回収業者が LiB パックのメッシュパレットだけを集めて、リコーの集約拠点に輸送する。

1 次回収と同様に、これを御殿場 RRC に直接運ぶのは効率が悪い。一旦倉庫で集約することで LiB パックの個数はそろそろかもしれないが、トラックに一度に積載できる LiB パックの個数の問題が依然として残るためである。したがって、2 次回収先は御殿場 RRC ではなく、全国に点在しているリコーの集約拠点となる。

また、2 次回収は混載輸送ではない。資源回収業者からリコーの複写機等の回収拠点までの輸送物が現時点では LiB パック以外に存在しないためである。2 次回収を担う業者は運用の効率性を考慮すると、1 次回収を担う資源回収業者か、後述する 3 次回収を担う SBS リコーロジスティクス of のいずれかとなるが、資源回収業者の方が適していると考えられる。LiB パックのみを運ぶと、一度に搭載できる LiB パックの個数問題から 1 次回収でも使われる小型のトラックを利用することが望ましいためである。

3-3) 3 次回収

2 次回収の集約拠点として、リコーの集約倉庫に LiB パックが回収される。3 次回収では、SBS リコーロジスティクスが複写機やリユース部品との混載で LiB パックのメッシュパレットを混載して、御殿場 RRC に輸送する。以下にリユース部品との混載のイメージ写真を示す。



図 3-48 リユース部品との混載イメージ①



図 3-49 リユース部品との混載イメージ②

他のリユース部品もメッシュパレットを使って輸送されていることから、LiB パックを積載したオリジナルメッシュパレットとの混載は全く問題がない。複写機との混載であれば、たとえばオリジナルメッシュパレットを利用することで、複写機 9 台のスペースに、メッシュパレットが 8 台、つまり LiB パックで 48 台の積載が可能である。以下に複写機と LiB パックの積載比率のイメージ図を示す。

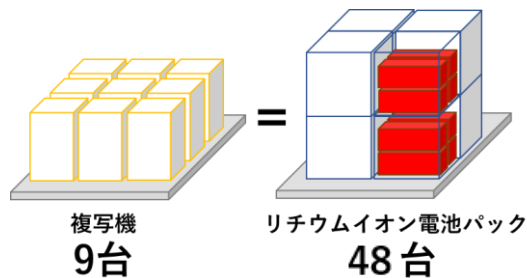


図 3-50 複写機と LiB パックの積載比率

前述の通り、リコーの集約拠点から御殿場 RRC には、大型トラックの定期便が通っている。そのため、高効率な大型トラックを利用できる。また、複写機やリユース部品との混載により、積載量を維持しつつ一度にトラックに積載できる LiB パックの個数制約を回避することもできる。

3-4) 今後の課題

使用済み LiB の 1 次・2 次回収については、引き続き検討することがある。1 つ目はリユース回収の個体管理、2 つ目は地域性、3 つ目は回収量の変動、4 つ目はオリジナルメッシュパレットの還流である。

前述したようにリコーでは回収する複写機の個体管理を行っているが、使用済み LiB も個体管理するのが望ましい。個体管理は物流や検査工程の効率化にも寄与してくるためである。LiB パックの場合、共通のメッシュパレットを各拠点で次々と回していくため、拠点での受け入れ検査は輸送効率を悪化させてしまう。したがって、解体業者などで LiB パックが発生したタイミングで個体

情報を収集する仕組みを構築する必要がある。

地域性については、首都圏のように回収拠点と集約拠点が密接している地域や、回収拠点よりも集約拠点が近い場合には、直接集約拠点に輸送した方が効率的な地域がある。また、都市部と地方では回収量が大きく異なる。多くの回収量が望める首都圏から優先的に回収することが効率性につながる。加えて、回収地域の優先順位付けでは、LiB の劣化と地域の相関性にも注意が必要かもしれない。LiB の劣化には気温・温度が大きく関与するとされている。気温が高ければ高いほど、LiB の劣化は進む。今後、使用済み LiB の劣化診断の中で、劣化深度と回収地域の関係性も注視し、回収物流を検討する必要がある。

回収量の変化については、使用済み LiB はこれから回収量が増えてくる過渡期にあり、回収量や販売需要が十分に見込まれない状態で回収物流網を構築しすぎると逆に非効率になってしまう場合がある。この点において、複写機との混載輸送は非常に有効的だと言える。使用済み LiB の回収量が少ない時期から、効率的に輸送できる。また、ある程度の回収量の増減も吸収が可能で効率性を落とさず輸送ができる。

地域性と回収量から言えることは、柔軟に変化できる回収物流を検討することが重要であると言える。たとえば、LiB の回収量が少ない時期であれば、1 次回収時に複数の拠点を回ったのち、1 次回収拠点に戻らずに 2 次回収拠点まで直送することも考えられる。

オリジナルメッシュパレットの還流については、メッシュパレット自体は輸送業界で使われているので問題ないが、メッシュパレットとともに使われるオリジナルの部材(イレクターパイプや仕切り板)の還流については仕組みを構築する必要がある。ただ、オリジナルメッシュパレットは LiB パック以外の輸送にも使えることから、1 次回収にてメッシュパレット内の空いたスペースに自動車部品を積載することで輸送効率を改善できる。したがって、適切に仕組みを構築すれば 1 次回収まで還流することは可能と考えられる。以下に、メッシュパレット内にて LiB パック以外と混載した例として、複写機のリユース部品との混載イメージ写真を示す。



図 3-51 メッシュパレットに LiB パック以外と
同梱するイメージ写真①



図 3-52 メッシュパレットに LiB パック以外と
同梱するイメージ写真②



図 3-53 メッシュパレットに LiB パック以外と
同梱するイメージ写真③



図 3-54 メッシュパレットに LiB パック以外と
同梱するイメージ写真④



図 3-55 メッシュパレットに LiB パック以外と
同梱するイメージ写真⑤

第 2 章 輸送方法の実証

本事業では、オリジナルメッシュパレットの品質等を確認するために、まず実際にトラックを用いた短距離輸送試験を実施した。次いで、前述した混載回収物流プランの回収ルートの検証として 3 次回収に想定したルートの一つを選び、長距離輸送試験を実施した。また、混載回収物流プランに従ってコストシミュレーションを実施した。本章ではこれらの試験とシミュレーションについて記載する。

(1) 短距離輸送の実証試験

前述のオリジナルメッシュパレットを実際のトラックを用いた輸送試験について記載する。

1) 試験概要

以下に短距離輸送試験の概要を記載する。

表 3-18 短距離輸送試験の概要

項目	説明
目的	オリジナルメッシュパレットの包装評価
日時	2019年9月17日(火)～18日(水)
輸送区間	(株)リコー リコー環境事業開発センター(静岡県御殿場市) ⇒SBS リコーロジスティクス(株) 物流センター京浜島(東京都大田区) ⇒リコー環境事業開発センター
輸送距離	228km(片道 114km)
対象物	オリジナルメッシュパレット+ダミーLiB パック 3 段積み (本試験では、パック内の LiB モジュール部分は抜き取り、同重量のダミーとした)
対象物重量	310kg
対象物外寸[mm] ※パレット 1 台分	1,200x1,000x900h
混載物 ※復路のみ	・複写機のリサイクル機
車両	10tトラック(往復路ともにエアサス車)

2) 試験内容

本試験では、振動試験と衝撃試験から包装仕様を見直し、仕切り板への滑り止め加工を追加した。振動試験と衝撃試験の結果から LiB パックの位置ズレが発生していたことへの対策である。バンドの固定方法の見直しも検討したが、実輸送においては輸送のための作業効率も考慮する必要があり、簡易な作業で輸送できることが望ましい。また、同様の考え方に基づいてバンド固定と緩衝材もなしとした。

以下に評価項目を記載する。

表 3-19 評価項目と評価方法

評価項目	説明
品質・安全	<ul style="list-style-type: none"> ・LiB パック、包装材の外観上の破損を目視にて確認する ・仕切り板上に置いた LiB パックの輸送後のズレを目視にて確認する ・混載輸送による荷崩れを目視にて確認する
効率	<ul style="list-style-type: none"> ・複写機混載での積載効率評価、荷役作業の効率性を、作業員へのヒアリングにより定性的に評価する

3) 試験結果

品質・安全については、LiB パック、包装材ともに、外観上の破損がないこと、仕切り板に対して LiB パックの位置ズレがないこと、混載輸送による荷崩れが発生しなかったことを確認した。以下に荷姿などを示す。



図 3-56 往路の着荷時の荷姿

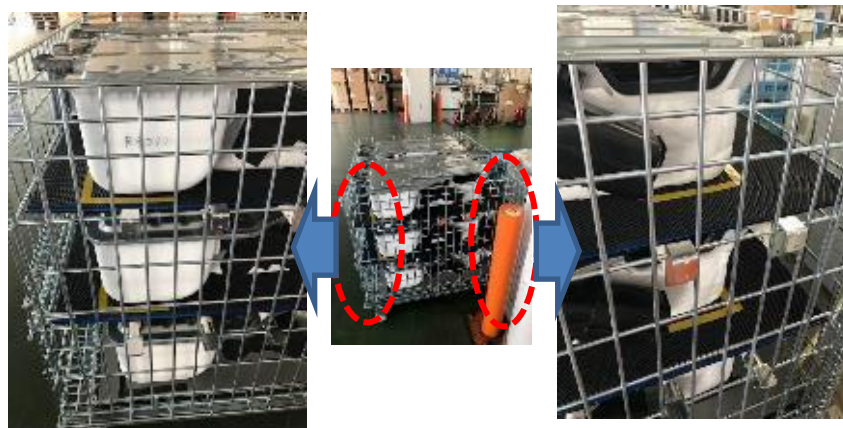


図 3-57 往路の着荷時の LiB パックのズレ(右側面)



図 3-58 往路の着荷時の LiB パックのズレ(左側面)



図 3-59 復路の出荷時の荷姿

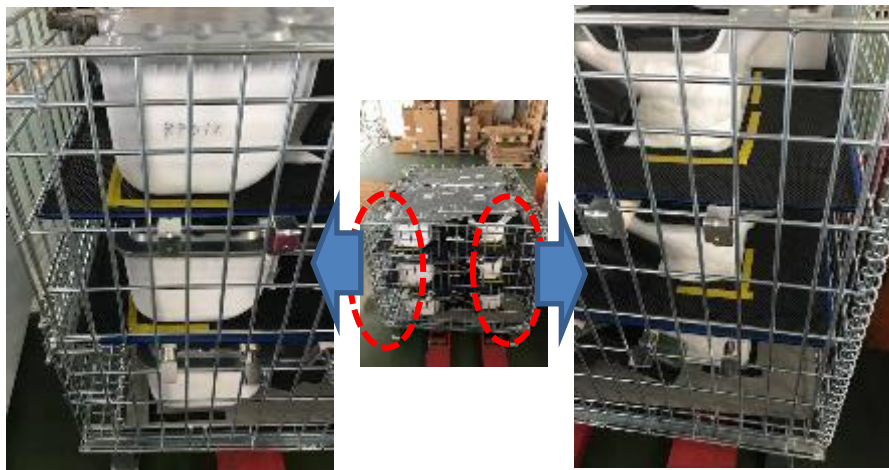


図 3-60 復路の出荷時の LiB パックのズレ(右側面)



図 3-61 復路の着荷時の荷姿①



図 3-62 復路の着荷時の荷姿②

効率については、メッシュパレットを利用していることから荷役作業の効率性も非常に高かった

と判断する。トラック運転手は、複写機を積載する作業手順の中で特別な作業や工夫もなく、普段通りの作業フローで複写機と LiB パックのメッシュパレットを効率的に混載した。



図 3-63 復路における複写機と LiB パックのメッシュパレットとの混載

4) 今後の取り組み

実輸送において仕切り板に滑り止め加工を施したオリジナルメッシュパレットにて輸送したところ、LiB パックと包装資材の双方に問題がないことを確認できた。今後の取り組みについては、後述する長距離混載輸送試験にて記載する。

(2) 長距離混載輸送の実証試験

短距離混載輸送試験で有効性を確認した包装仕様条件を用いて、長距離輸送試験を実施した。試験とその結果について記載する。

1) 試験概要

以下に長距離混載輸送試験の概要を記載する。

表 3-20 試験概要

項目	説明
目的	オリジナルメッシュパレットの包装評価
日時	2019年12月16日(月)～20日(金)
輸送区間	(株)リコー リコー環境事業開発センター(静岡県御殿場市) ⇒SBS三愛ロジ九州(株)物流センター九州(佐賀県鳥栖市) ⇒リコー環境事業開発センター
輸送距離	2,000km(片道1,000km)
対象物	オリジナルメッシュパレット+ダミーLiBパック3段積み×2 (LiBパック6台、パック内のLiBモジュール部分を抜き取った同重量のダミーパ

	ック 6 台)
対象物重量	310kg * 2
対象物外寸[mm] ※パレット 1 台分	1,200x1,000x900h * 2
混載物 ※復路のみ	<ul style="list-style-type: none"> ・複写機の循環型エコ包装材 ・複写機のリサイクル機 ・複写機のリユースパーツ
車両	10tトラック(往復路ともにエアサス車)

以下に混載物の例をと輸送に用いる 10tトラックのイメージを示す。



図 3-64 複写機のリサイクル機



図 3-65 複写機のリユースパーツ



図 3-66 複写機の循環型エコ包装材



図 3-67 10tトラックのイメージ

2) 試験内容

本試験では短距離輸送試験にて有用性を確認した条件(緩衝材なし、かつ、LiB パックのバンド固定なし)で実施した。以下に評価内容を示す。

表 3-21 評価項目と評価方法

評価項目	説明
品質・安全	<ul style="list-style-type: none"> ・LiB パック、包装材の外観上の破損を目視にて確認する ・仕切り板上に置いた LiB パックのズレを目視にて確認する ・混載輸送による荷崩れを目視にて確認する ・輸送の振動が振動・衝撃試験より小さいことを振動ロガーにて確認する。 ・LiB パックの性能検査を端子間電圧にて確認する ・LiB パックの絶縁検査を端子筐体間抵抗にて確認する ・LiB パックの動作検査を各部品の試運転時の動作音やセンサ情報の取得等により確認する
効率	<ul style="list-style-type: none"> ・複写機混載での積載効率評価、荷役作業の効率性を、作業者へのヒアリングにより定性的に評価する

輸送時の振動を振動ロガーで計測した。衝撃試験の振動と実輸送での振動を比較するためである。計測方法等を以下に示す。

表 3-22 振動ロガーによる計測方法

項目	説明
型番	G-MEN DR20 (株式会社スリック製)
計測設定値	サンプル周期: 0.01 秒 応答周波数: 100Hz 記録間隔: 20 秒 ⇒1 秒間に 100 個のデータサンプリングを繰り返し、20 秒の間で最大値を記録する
測定個数	2 個
測定位置	<ul style="list-style-type: none"> ・LiB パック試験番号(後述)1-②の上面 ・LiB パック試験番号(後述)2-⑥の上面

ロガーの測定結果が示す X 軸、Y 軸、Z 軸とロガーの実機との関係を以下に示す。

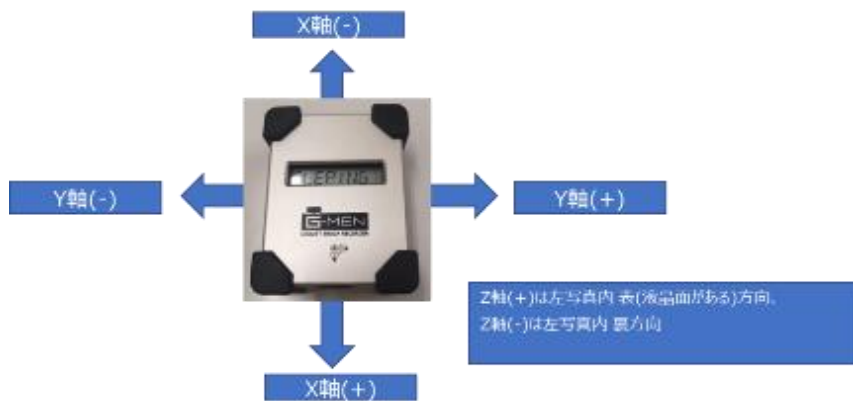


図 3-68 振動ロガーの測定結果が示す 3 軸と実機との関係

ロガーの測定結果が示す X 軸、Y 軸、Z 軸とトラックとの関係を以下に示す。

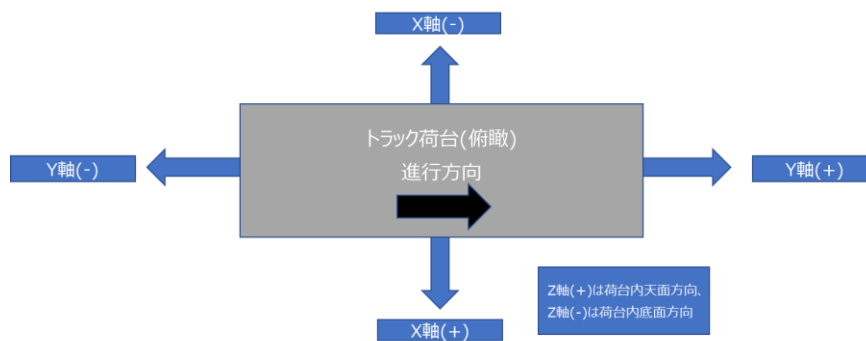


図 3-69 振動ロガーの測定結果が示す 3 軸とトラックとの関係

LiB パックについては、外観上の目視確認に加え、性能検査、絶縁検査、動作検査も実施した。短距離輸送試験とは異なり LiB パックの実機を輸送したためである。以下に LiB パックが積載されたメッシュパレットと、メッシュパレット内での位置に対応する試験番号を示す。

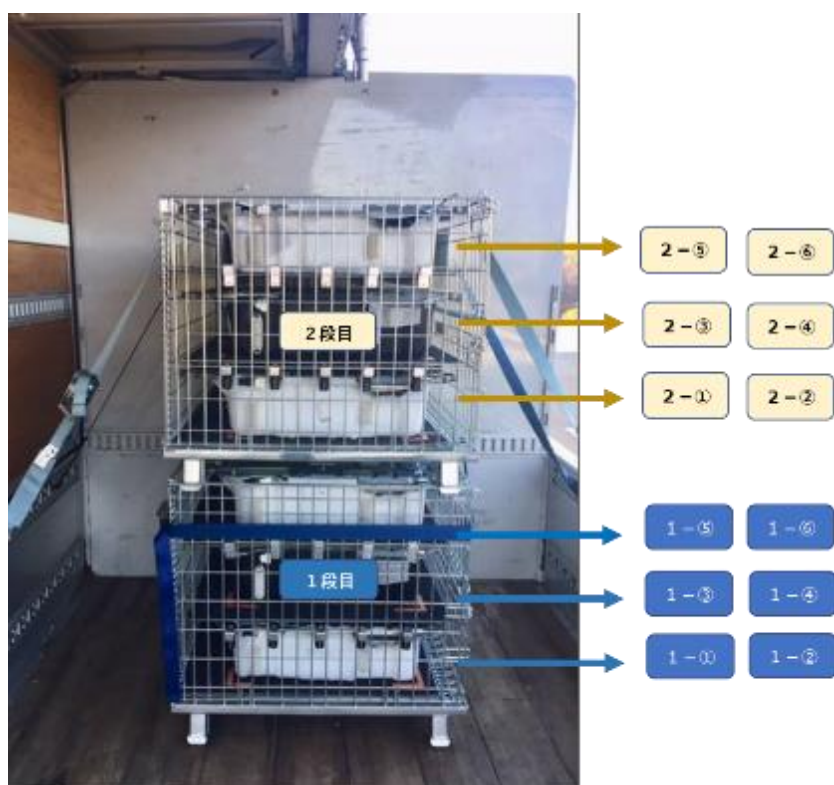








図 3-70 LiBパックの荷姿のイメージとLiB パックの試験番号(右側面より見て)








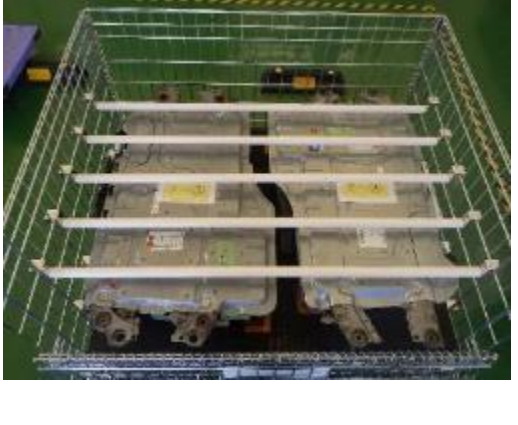
3) 試験結果

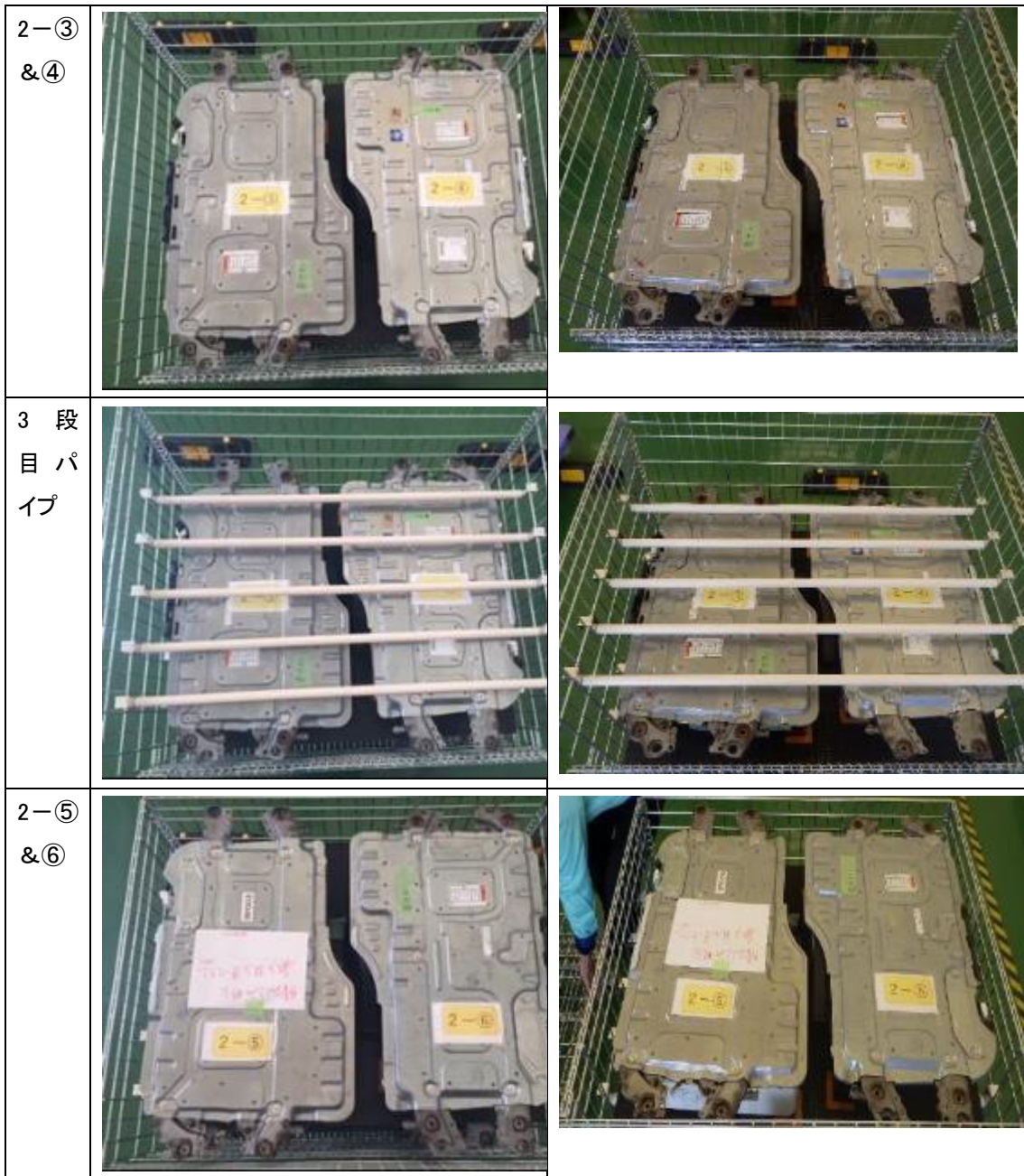
品質・安全については、LiB パック、包装材ともに、外観上の破損がないこと、仕切り板に対してLiB パックの位置ズレがないこと、混載輸送による荷崩れが発生しなかったことを確認した。また振動についても、振動・衝撃試験ほどの振動は発生しないこと、LiB パックの性能、絶縁、動作にいずれも問題がないことも確認した。

まず、LiB パックや包装材の外観について、往路の積み込み時と復路の積み下ろし時で確認したところ、目立った外観上の破損がないことを確認した。以下にその時の荷姿を示す。

表 3-23 LiB パックの輸送前後の外観

撮影対象	往路積み込み時	復路積み下ろし時
1-① &②		
2 段目パイプ		
1-③ &④		

<p>3 段 目 パ イ プ</p>		
<p>1-⑤ &⑥</p>		
<p>2-① &②</p>		
<p>2 段 目 パ イ プ</p>		



仕切り板に対して LiB パックの位置ズレがないことを、往路の積み込み時にマスキングテープを仕切り板に張り付けて目印とし、復路の積み下ろし時に目視したところ、ズレがないことを確認した。以下に仕切り板にマスキングテープが貼り付けられた状態を示す。

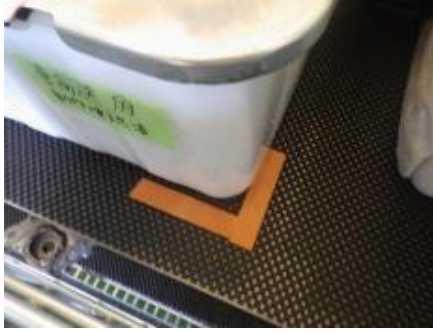


図 3-71 LiB パックのズレ確認のためのマスキングテープ①(1-5&1-6)

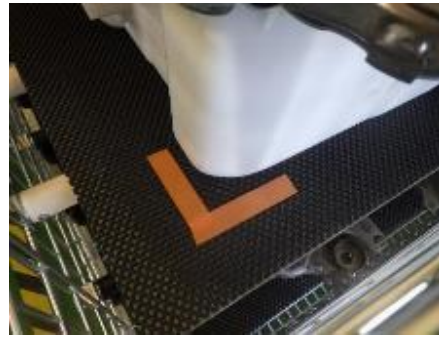


図 3-72 LiB パックのズレ確認のためのマスキングテープ②(1-5&1-6)

LiB パック、包装材ともに、外観上の破損がないこと、仕切り板に対して LiB パックのズレはなかったものの、メッシュパレットをよく観察すると、メッシュパレット内部の 2 段目、3 段目に打痕が見られた。また、エレクターパイプのフックがメッシュパレットに接する部分に擦れが見られた。以下にメッシュパレットの状態を示す。



図 3-73 メッシュパレット内部の打痕①(1-5 &1-6)



図 3-74 メッシュパレット内部の打痕②(1-5 &1-6)



図 3-75 メッシュパレットの擦れ(1-5&1-6)

混載輸送の荷崩れは発生しなかった。詳細は、効率面の記載と合わせて後述する。

輸送時の振動については、まず、本試験の実走環境は想定運用した高速道路、一般道路を走行し、イレギュラーな路面の走行はなかった。その環境下で、上段メッシュパレットに設置した方の最大値が 3.150G、下段の方の最大値が 5.196G であった。以下に測定時のロガーの設置状況を

示す。上段設置のロガーは、往路着荷時に位置ズレが発生していることを確認した。



図 3-76 下段のロガーの設置状況①



図 3-77 下段のロガーの設置状況②



図 3-78 上段のロガーの設置状況



図 3-79 上段のロガーのズレの状況

ただし、この上段のロガーの位置ズレは振動の最大値の測定には影響がないと考えられる。なぜなら、前述のとおり振動ロガーは 3 軸で測定しているが、最も振動が大きい 1 軸の振動を最大振動としているわけではなく、3 軸の振動を合成した振動の最大値を最大振動としているため、ロガーの設置向きにかかわらず最大振動は同一になるからである。また、ズレの発生原因として輸送に関係のない衝撃がロガーに加わり、それが上段の最大振動として記録されたとしても、輸送時の振動の評価への影響は限定的である。詳細は後述するが上段のロガーより下段のロガーの最大振動の方が大きかったため、評価の際に下段の最大振動を元に議論するのが適しているためである。いずれにせよ、振動の最大値について問題なく測定できたものとして、以降の記載を続ける。

最大振動の詳細を以下に示す。

表 3-24 最大振動

測定対象	最大振動	発生日時	発生状況
1-②上面設置(下段)	5.196G	2019/12/18 07:41:40	山陽自動車道 小谷 P.A→SBS 三愛ロジ九州 鳥栖間
2-⑥上面設置(上段)	3.150G	2019/12/17 03:49:20	新東名高速 岡崎 SA→名神高速 桂川 P.A 間 走行中

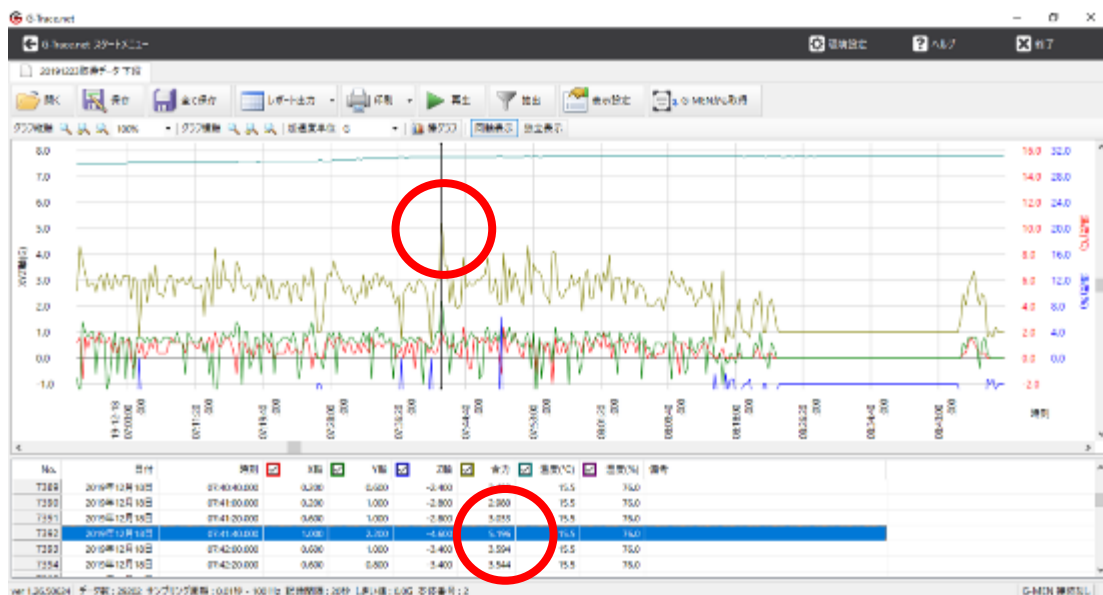


図 3-80 最大振動時の詳細(1-②)の上面設置

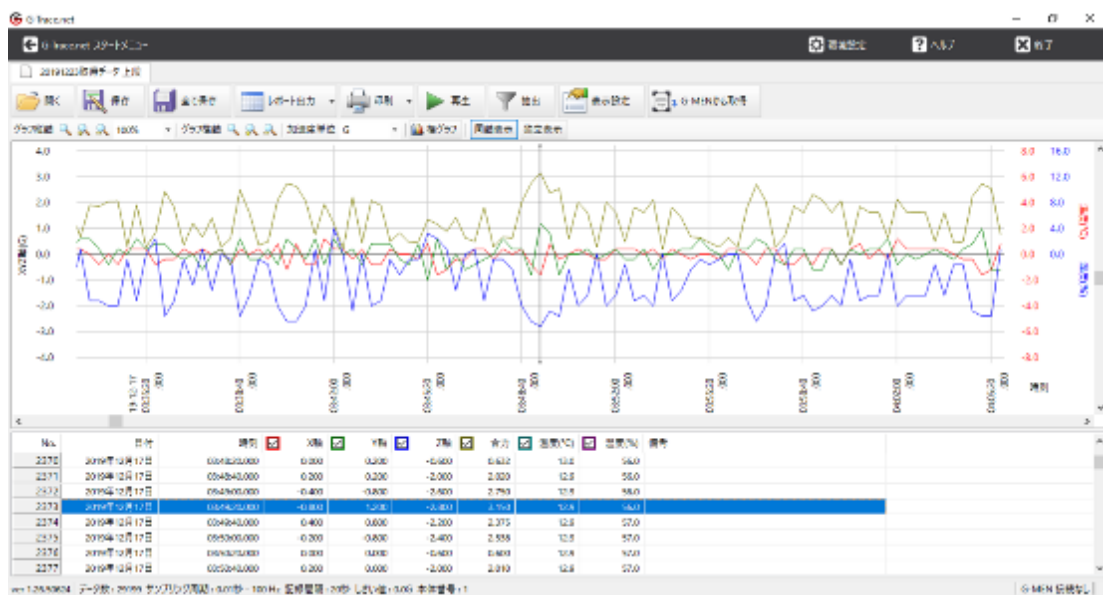


図 3-81 最大振動時の詳細(2-⑥)の上面設置

LiB パックの各種検査は、計 12 台のうち、ダミーの LiB パック 6 台を除いた残り 6 台について実施した。性能検査として端子間電圧を測定し、絶縁検査として端子と筐体間の抵抗測定を 3 条件にて測定し、動作検査として試運転時の動作音について 2 項目、センサ情報の取得とその値について 12 項目で確認したが、6 台全て問題はなかった。

混載輸送の安全・品質面と効率面については、まず安全・品質面で荷崩れ等なく問題ないことを確認した。効率面については、短距離輸送時と同様に荷役作業の効率性も非常に高かったと

判断した。トラック運転手は、複写機を積載する作業手順の中で特別な作業や工夫もなく、普段通りの作業フローで複写機だけでなくリユースパーツや循環型エコ包装と、LiB パックのメッシュパレットを効率的に混載した。

以下に、往路の積み込み作業を示す。往路は混載輸送ではなく、メッシュパレット2台のみの輸送である。写真で示すように、フォークリフトは2段に重ねたメッシュパレットを取り扱うことが可能であり、効率面で問題がないことを示している。



図 3-82 往路の積み込み作業①



図 3-83 往路の積み込み作業②



図 3-84 往路の積み込み作業③



図 3-85 往路の積み込み作業④



図 3-86 往路の積み込み作業⑤



図 3-87 往路の積み込み作業⑥

以下に、往路積み下ろし作業を示す。本事業では往路と復路では別のトラックを利用するため、一旦倉庫に荷物を下ろした。



図 3-88 往路の積み下ろし作業①



図 3-89 往路の積み下ろし作業②



図 3-90 往路の積み下ろし作業③



図 3-91 往路の積み下ろし作業④

以下に復路の積み込み作業を示す。復路は混載輸送のため、様々な輸送品とともに積み込まれているが、メッシュパレットのための特別な作業は不要であり、効率面で問題がないことを示している。



図 3-92 復路の積み込み作業①



図 3-93 復路の積み込み作業②



図 3-94 復路の積み込み作業③



図 3-95 復路の積み込み作業④



図 3-96 復路の積み込み作業⑤



図 3-97 復路の積み込み作業⑥



図 3-98 復路の積み込み作業⑦



図 3-99 復路の積み込み作業⑧



図 3-100 復路の積み込み作業⑨



図 3-101 復路の積み込み作業⑩



図 3-102 復路の積み込み作業⑪



図 3-103 復路の積み込み作業⑫



図 3-104 復路の積み込み作業⑬



図 3-105 復路の積み込み作業⑭

以下に復路の積み下ろし作業を示す。荷崩れ等は発生しておらず、安全・品質面で問題ないことも確認できた。



図 3-106 復路の積み下ろし作業①



図 3-107 復路の積み下ろし作業②



図 3-108 復路の積み下ろし作業③



図 3-109 復路の積み下ろし作業④

4) 今後の取り組み

前述のとおり、長距離混載輸送試験によって大きな問題を確認できたが、包装仕様についてはさらなる検討が必要である。また輸送試験の回数を重ねたりパターンを増やしたりして信頼性を高める必要がある。以下、それぞれについて記載する。

包装仕様については、メッシュパレットの打痕と擦れについて検討が必要である。打痕については輸送中の振動により LiB パックとメッシュパレットが接触し、擦れについてはパイプを引っかけている網の隙間が金具に対して広いため、仕切り板ごとパイプが移動していると考えられる。これは、パイプと仕切り板の摩擦が少なく、パイプの上を仕切り板が滑ってしまう。仕切り板がパレテナーの中で前後左右に動いているものと考えられる。

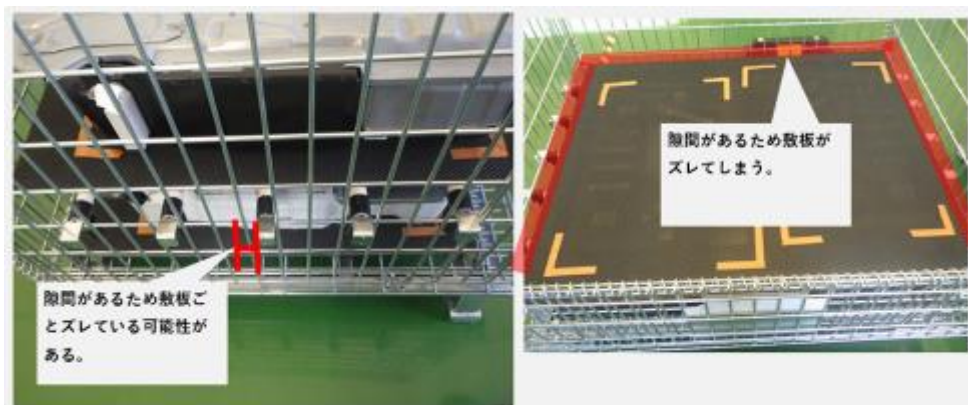


図 3-110 メッシュパレットの打痕と擦れの原因

対策案としては、たとえばメッシュパレットの網目に対しレクターパイプの金具のサイズを合わせたり、メッシュパレットの内寸に合わせて仕切り板のサイズを大きくしたりすることが考えられる。

また輸送試験自体については、本実証の実走環境は高速道路、一般道路の走行を想定しているが、その範囲においては輸送環境に対する別対応は不要であると考えられる。振動データを見ても本実証とは別に振動ロガーの動作確認として乗用車にて一般道を 20 分間走行した時の測定値と同程度であり、前述の片支持落下試験時の最大値 37.39G に対し今回計測された値が

5.196G と小さいことからそれが推察される。ただし、実運用に向けては、たとえば輸送試験数を増やして信頼性を高めたり、あえてイレギュラー路面を走行して限界値を確認したりすることが考えられる。

最後に往路輸送時にメッシュパレットの上段に設置した振動ロガーのズレが発生した原因だが、荷下ろし時にメッシュパレットを固定していたラッシングベルトが触れた可能性が考えられる。次回の輸送試験時には注意が必要である。



図 3-111 振動ロガーのずれの原因推測

(3) 輸送効率とコストシミュレーション

ここでは、前述した混載回収物流プランのコストを積載物 1kg あたりの運賃として試算し、その結果と考察をまとめる。

1) 試算条件

試算は、1 次回収、2 次回収、3 次回収のそれぞれについて、コストを試算して最後に足し合わせるため、それぞれの試算条件を以下に示す。

表 3-25 試算条件

対象	試算条件
1 次回収(資源回収業者への輸送)	<ul style="list-style-type: none"> ・4トン車に自動車部品、電池積載の鉄かごを混載する ・既存輸送便にて、ミルクラン回収(巡回集荷)を想定した。 ・距離は、都府県ごとに近隣の資源回収業者拠点までの距離を算出し、発生比率を東北 25 %、関東 50 %、九州 25 %と定義し、按分した。地域内での発生比率は都道府県すべて同一とした。 ・積載量は、4トン車積載重量 3,000kg に LiB パック含めた様々な輸送品が積まれて満載されたと想定した。

2次回収(リコーの複写機回収拠点への輸送)	<ul style="list-style-type: none"> ・4トン車に電池積載の鉄かごを満載する。 ・距離は、地域ごとに資源回収業者と複写機の回収拠点との距離を求めた。 ・積載量は、4トン車積載重量 3,000kg の内、LiB パック 6 個とオリジナルメッシュパレット(合計 310kg)が 9 カゴ積み込まれて、2,790kg と想定した。
3次回収(御殿場 RRC への輸送)	<ul style="list-style-type: none"> ・10トン車に複写機・複写機部品と混載する。 ・距離は、起点を東北地区、関東地区(中部を含む)、九州地区(関西・中国・四国を含む)それぞれの複写機回収拠点(宮城、千葉、埼玉、愛知、大阪、香川、広島、鳥栖)として、御殿場 RRC までの距離を用いた。発生比率を東北 25 %、関東 50 %、九州 25 %と定義し、按分した。 ・積載量は、10トン車積載重量 8,000 kg のうち、LiB パック 6 個とオリジナルメッシュパレット(合計 310kg)が 8 カゴ、廃棄カートリッジを満載したメッシュパレット(合計 320kg)が 6 カゴ、定着ユニットなどを満載したメッシュパレット(合計 320kg)が 5 カゴ、廃トナーボトルを満載したメッシュパレット(合計 150kg)が 13 カゴ、の合計 32 カゴで 7,950kg と想定した。

以下に 1 次回収拠点と 2 次回収拠点に想定している拠点の所在地と、1 次回収拠点からの輸送先である 2 次回収拠点の対応表を示す。本試算では北海道と沖縄は含めない。本実証事業では回収輸送を混載にてモデル化しているが、両地域では現在複写機の回収は行っておらず、現地にて再資源化処理を実施しているためである。

表 3-26 回収拠点の所在地と拠点間の対応表

No.	地区	資源回収業者の拠点住所 (1 次回収)	リコーの複写機拠点住所 (2 次回収)
1	東北	宮城県仙台市	宮城県仙台市
2	関東	千葉県富里市	千葉県千葉市
3	関東	埼玉県川口市	埼玉県草加市
4	関東	新潟県三条市	埼玉県草加市
5	関東	長野県東御市	埼玉県草加市
6	関東	愛知県小牧市	愛知県名古屋市
7	九州	兵庫県尼崎市	大阪府大阪市
8	九州	広島県広島市	広島県廿日市
9	九州	愛媛県西条市	香川県高松市
10	九州	福岡県古賀市	佐賀県鳥栖市

以下に地域別の拠点間距離を示す。

表 3-27 地域別拠点間距離

対象	地域	輸送距離平均	補足
1次回収	東北	127.8km	<ul style="list-style-type: none"> ・回収元は、東北 6 県である。 ・回収先は宮城県仙台市である。ミルクランを 2 ルート設定し、北東北：岩手 162km→青森 129km→秋田 134km→宮城 175km 計 600km と、南東北：山形 46km→福島 56km→宮城 65km 計 167km で回収する。 ・各都道府県間距離は県庁所在地間距離で試算した。(以下同様)
1次回収	関東	86.1km	<ul style="list-style-type: none"> ・回収元は、関東の 1 都 6 県に加えて、中部 9 県、計 16 都県である。 ・回収先は、埼玉、千葉、新潟、長野、愛知、静岡の 5 箇所であり、各拠点へはミルクランを用いて回収する。 ・千葉：東京(西)74km→神奈川 41km→千葉 46km 計 161km(3 都県分) ・埼玉：群馬 79km→栃木 76km→茨城 57km→埼玉 93km 計 305km(4 県分)、 ・新潟：同一県内 38km ・長野：富山 88km→石川 52km→福井 68km→長野 188km 計 296km(4 県分)、山梨 115km ・愛知：岐阜 30km→愛知 30km 計 60km(2 県分)、静岡(60km)
1次回収	九州	91.1km	<ul style="list-style-type: none"> ・回収元は、九州 7 県に加えて、関西 7 府県、中国 5 県、四国 4 県の計 23 府県である。 ・回収先は、福岡、兵庫、広島、愛媛、の 4 箇所であり、各拠点へはミルクランを用いて回収する。 ・福岡：大分 119km→宮崎 149km→鹿児島 89km→熊本 135km→長崎 78km→佐賀 69km→福岡 38km 計 677km(7 県) ・兵庫：京都 63km→滋賀 8km→三重 68km→和歌山 134km→奈良 77km→大阪 28km→兵庫 28km 計 406km(7 府県) ・広島：山口 93km→島根 203km→鳥取 108km→岡山 98km→広島 137km 計 639km(5 県)

			・愛媛:高知 77km→徳島 110km→香川 56km→愛媛 131km 計 374km(4 県)
1 次回収	全国	97.8km	・LiB パックの発生比率を、東北 25 %、関東 50 %、九州 25 %と定義し、重み付き平均で試算する(以下同様)
2 次回収	東北	10km	・複写機回収拠点先は、宮城県仙台市である。 ・同市内であるため 10km で試算した。
2 次回収	関東	132km	・複写機回収拠点先は、3 か所ある。 ・埼玉:新潟(381km、1 県分)、長野(305km、5 県分)、埼玉(同一県内 8km、4 県分) ・千葉:同一県内 34km(3 都県分) ・愛知:同一県内 24km(3 県分) ・平均距離は、拠点によって収集量が異なるため、収集対象の都県数に応じた重みを付けて試算した。(以下同様)
2 次回収	九州	74km	・複写機回収拠点は 4 箇所ある。 ・福岡:20km→鳥栖 37km 57km(7 県分) ・兵庫:30km→大阪 24km 54km(7 府県分) ・広島:同一県内 16km(5 県分) ・愛媛:53km→香川 158km 211km(4 県分)
2 次回収	全国	87km	・1 次回収と同様に試算した。
3 次回収	東北	452km	・御殿場 RCC までの距離で試算した。
3 次回収	関東	155km	・各拠点から御殿場 RCC までの距離で試算した。 ・埼玉→御殿場 123km(10 県分) ・千葉→御殿場 147km(3 都県分) ・愛知→御殿場 270km(3 県分)
3 次回収	九州	735km	・各拠点から御殿場 RCC までの距離で試算した。 ・鳥栖→御殿場 1044km(7 県分) ・大阪→御殿場 427km(7 府県分) ・広島→御殿場 782km(5 県分) ・香川→御殿場 67km(4 県分)
3 次回収	全国	374km	・1 次回収と同様に試算した。

以下に試算に用いるトラックの運賃を記載する。これはトラックを貸し切った場合の運賃となるため、積載量をこの運賃で割ることで積載物 1kg あたりの運賃が得られる。

表 3-28 トラック貸切運賃

対象車両	輸送距離	運賃	補足
4トン車	80～90km	31,630 円	保管料、手数料、包装材料費など除く(以下同様)
4トン車	90～100km	34,040 円	
10トン車	360～380km	110,930 円	
10トン車	1,050～1,100km	255,290 円	

中部陸運局平成 11 年度貸切り運賃表より

2) 試算結果

積載物 1kg あたりの運賃試算の基本的な考え方は以下のとおりである。

$$\text{積載物 1kg あたりの運賃} = \frac{\text{トラックの積載量}}{\text{トラックの貸切運賃}}$$

これを 1 次回収から 3 次回収まで足し合わせることで、LiB パックの回収元から御殿場 RCC までの運賃コストを試算することができる。以下に前述の試算条件を当てはめて試算した運賃コストの合計を示す。

$$\begin{aligned} \text{運賃コスト合計} &= \text{1 次回収の運賃コスト} + \text{2 次回収の運賃コスト} + \text{3 次回収の運賃コスト} \\ &= \frac{34,040 \text{ 円}}{3,000\text{kg}} + \frac{31,630 \text{ 円}}{2,790\text{kg}} + \frac{110,930 \text{ 円}}{7,950\text{kg}} \\ &= 36.6 \text{ 円/kg} \end{aligned}$$

3) 試算結果の考察

この運賃コストの金額感を理解するために、まず昨年度事業で試算した運賃コストと比較する。比較方法は昨年度事業の試算条件のうち、3 次回収として 10t トラックを利用することと混載にて 1,100km 輸送する部分は揃え、混載物については各年度で分けて運賃コストを試算する。

表 3-29 昨年度との比較

試算方式	輸送距離	運賃	積載量	運賃コスト	補足
昨年度	1,100km	255,290 円	4,160kg	61.4 円/kg	積載量は、複写機 33 台*120kg、 LiB パック 4 台*50kg
今年度	1,100km	255,290 円	7,950kg	32.1 円/kg	前述の 3 次回収と同様

昨年度は、混載対象である複写機が軽いため 10t トラックの積載量の上限である 8,000kg に対して、半分程度しか積載できていない。今年度は混載物にリユースパーツを満載したメッシュパレットとすることでトラックの積載量の上限に近くまで積載することができ、昨年度と比較して 1.9 倍に

もなっている。その結果として運賃コストも 52%ほどに削減され、32.1 円/kg になっている。

今年度の 32.1 円/kg は、1,000km を超える長距離を輸送するコストとしては、10tトラックに積み荷を満載しているという条件のため、ほぼ最低コストに近いと考えられる。同様に考えると、1 次回収から 3 次回収までの合計として試算した 36.6 円/kg は、1 次回収と 2 次回収では 10tトラックよりコストのかかる 4tトラックを使っているものの、1 次回収ではほぼ満載にし、2 次回収でも 93%まで積載させていることを考えると、最低コストに近いと考えられる。

このようなシミュレーション結果になった理由は 2 点ある。1 つは既存の回収物流との混載で、もう 1 つは集約拠点の活用である。いずれもトラックに積み荷を満載しやすくする取り組みであり、既存の回収物流に混載することで LiB パックの回収量が少なくても他の混載物でトラックの積み荷が満載することが可能になり、そのうえ集約拠点を活用することで、2 次回収のように混載便を利用できないところでも、できるだけ満載して輸送することが可能になる。

4) 今後の取り組み

本節で試算した運賃には、保管料、手数料、包装材料費などは含まれていない。特に 2 次回収は混載物流ではないため、LiB パックの回収量によっては満載できるまで倉庫に滞留する期間が長くなり保管料がかさむ可能性がある。または満載せずに輸送し、その分運賃が高くなる可能性も考えられる。2 次回収部分については、たとえば 1 次回収の集約をせずに 2 次回収の集約倉庫に直接輸送するなど、実運用に向けて引き続き検討する必要がある。

(本編のまとめ)

本編では、使用済み LiB パックを効率的かつ安全な輸送方法の検討と検証を行ってきた。

安全面においては、消防法を遵守すること、自動車メーカー各社の車載用バッテリーの回収マニュアルに従った作業を行うことが最低限必要なことになる。これを踏まえた上で、輸送試験を繰り返しながら、必要十分な安全対策を検討し作業者のマニュアル化を進める必要があることがわかった。

品質面においては、LiB パックの輸送時の品質劣化は非常に限定的で、リユース品質には影響がないと考えられ、オリジナルメッシュパレットでの輸送試験では LiB パックの品質を維持できる試験結果が得られた。

効率面においては、自動車部品や複写機などとの混載輸送は非常に有効であることがシミュレーションの結果からも示された。混載の最大のメリットは、少量からでも効率的に輸送できる点である。まさに、これから LiB パックの回収量が伸びていく中で、混載することで過渡期の回収量増減を吸収でき、柔軟に運搬できることは魅力である。

使用済み LiB パックを、積載効率を 1.5 倍に改善したオリジナルメッシュパレットを使って、使用済み自動車部品や複写機などを回収する定期便と混載輸送することは、輸送効率が高いと考えられるが、まだ検討しきれていない課題もある。例えば、積載効率を上げるためにオリジナルメッシュパレットを構想したが、メッシュパレットは汎用品であるものの、イレクターパイプや仕切り板を

循環させるための費用が考慮されていない。また、1 次回収に混載便の利用を構想したものの 2 次回収は専用便となっており、地域性や回収量に応じた柔軟な回収ルートの検討、保管費や荷役作業費など輸送費以外の経費を考慮したシミュレーションなど、もう 1 段深い検討が必要である。これらについて実運用に向けてさらなる検討と検証を進める必要がある。

第 4 編 リチウムイオン電池の短時間選別

HEV として一定の運用がなされた LiB を EV 急速充電器へのアシスト電源として再活用するという本実証を実現するための課題として、対象となる LiB パックの寿命性能を把握し、電池の劣化を評価した上で耐用年数を予測し、LiB パックの数量(蓄電容量)を決定する必要がある。また、稼働中の電池の劣化を検知し稼働可能な残期間を把握することによって、適切なタイミングで運用から離脱・交換することが、安全にアシスト電源を運用し、電源システムのアシスト性能を維持していくために不可欠となると考える。

LiB の劣化の因子には、主に充放電を繰り返し行うことによるストレスと、ある温度と電圧で待機していることによるストレスの 2 つがある。本アシスト電源として用いるリユース LiB パックの耐用年数を見積もるために、リユース LiB パックを解体してそこから単セルを採取し、この 2 つのストレスについて充放電の繰り返し評価(サイクル試験)と、アシスト電源としての運用を想定した温度と電圧範囲での待機状態の評価(フロート試験)を実施した。

さらに本アシスト電源の運用時の EV への充電時間と待機時間を仮定し、充放電の繰り返し評価と待機状態の評価結果から蓄電容量の変化を予想し、リユース LiB パックとして期待される耐用年数を試算した。

また、HEV として一定の運用がなされた LiB を EV 急速充電器へのアシスト電源として再活用する際、大量の LiB パックの蓄電容量の検査が必要になることを想定し、一般的な長時間のバッテリーの充放電ではなく短時間に蓄電容量を把握する検査方法と LiB パックの状態劣化状態を把握する方法について検討した結果を報告する。

第 1 章 単セルの寿命評価

(1) 単セルの充放電繰り返し寿命評価

1)目的

EV 充電器のアシスト電源としての運用を想定した温度および電圧範囲に依存する単セルの充放電繰り返し寿命性能(サイクル試験)を評価することによって、単セルの耐用年数を予測する。

2)方法

EV 充電器のアシスト電源としての日本国内での運用が、日本国内の平均気温 16 度^{1,2)}より比較的高い温度であることや深度が深い充放電が求められることがセルに対するストレスを与えるであろうと考え、20 度から 60 度までの温度範囲、そして、2.5 V ~ 4.2 V および 1.0 V ~ 4.2 V の電圧範囲における単セルの充放電の繰り返しを行うことにした。

対象となる未使用の LiB パックから単セルを採取し、以下に示す充放電サイクル試験を行った。尚、単セルの定格の電圧範囲を 2.5 V ~ 4.2 V (積分平均電圧 3.56 V)、定格の蓄電電気を 5,000 mAh³⁾、および定格の蓄電電力量を 17.8 Wh とし、1 時間率電流を 5,000 mA とした。

対象となる未使用の LiB パックから採取した単セルに電流ケーブルおよび電圧ケーブルを接続し、安全のために耐火珪砂に埋没させたまま室温(28 度相当)、40 度、および 60 度に設定した恒温槽に配置して、北斗電工株式会社製充放電機 HJB0630SD8 を用いて充放電評価を行った。

[容量試験]

単セルを完放電するために、室温環境下において 5 時間率電流(1,000 mA)で 1.0 V になるまで定電流放電した。その後、5 時間率電流(1,000 mA)で 4.2 V になるまで定電流充電し、次いで 4.2 V で 30 分間定電圧充電し、満充電とした。満充電の状態では 1 時間放置した後に 5 時間率電流で 1.0 V になるまで定電流放電した。その際、セルの電圧が放電開始から 2.5 V に達するまでに要した電気量および電力量をそのセルの蓄電容量として見積もった。

[充放電サイクル試験]

20 度、40 度、および 60 度の環境下にて 4.2 V ~ 3.0 V、4.2 V ~ 2.5 V、および 4.2 V ~ 1.0 V を電圧範囲とした 1 時間率電流(5,000 mA)での充放電サイクルを行った。尚、充電-放電間および放電-充電間に 10 分の休止を行った。所定の充放電サイクルが経過した後、[容量試験]、[直流内部抵抗決定のための 1 時間率充放電]、および[交流インピーダンス測定]を行い、[充放電サイクル試験]を継続した。

3)結果および考察

20 度、40 度、および 60 度のそれぞれにおいて、4.2 V-2.5 V の電圧範囲を条件とした評価セルの 1 時間率電流(5,000 mA)での充放電サイクルにおける任意の時点で行った容量試験でセルの蓄電容量を求め、充放電サイクル数に対してプロットし図 4-1 に示した。

この結果、種々の温度で充放電サイクル数が増加するに従ってセルの蓄電容量が減少していることがわかり、横軸を充放電サイクル数の対数、縦軸をセルの蓄電容量とすると、セルの蓄電容量は直線上に乗る傾向が見られた。充放電を行う温度が高いほど LiB が劣化しやすい。例えば 60 度におけるセルの蓄電容量は、初期値の約 19.06 Wh から 2,000 サイクル後に約 15.39 Wh に減少し、初期値に対する減少率は 19.22%であった。一方、20 度におけるセルの蓄電容量は、初期値の約 18.59 Wh から 2,000 サイクル後に約 17.67 Wh に減少し、初期値に対する減少率は 4.98%である。充放電を行う温度が高い方が、充放電サイクル数に対するセルの蓄電容量の減少が顕著に表れた。

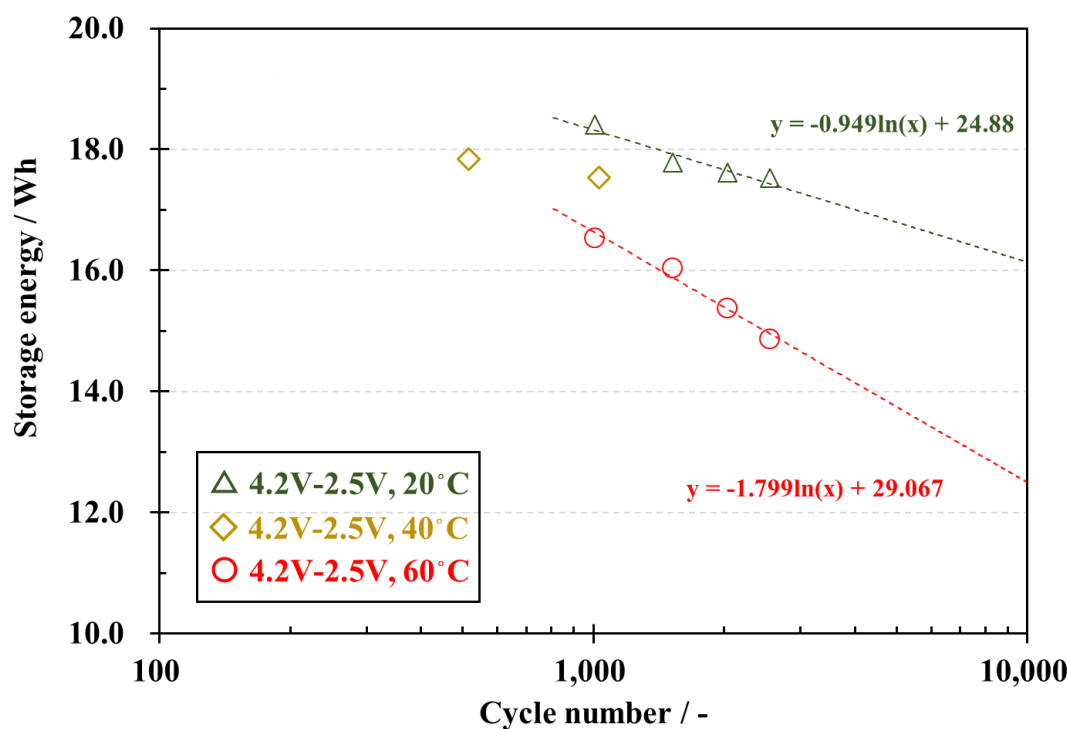


図 4-1 20 度、40 度、および 60 度における
充放電サイクル数に対するセルの蓄電容量の関係

(2) 単セルのフロート充電寿命評価

1)目的

アシスト電源としての運用を想定した温度と電圧範囲での待機状態の影響を把握するため、待機状態の影響評価(フロート試験)を行い単セルのフロート充電寿命性能を評価する。

2)方法

対象となる未使用の LiB パックから単セルを採取し、以下に示すフロート充電試験を行った。尚、単セルの定格の電圧範囲を 2.5 V ~ 4.2 V (積分平均電圧 3.56 V)、定格の蓄電電気を 5,000 mAh、および定格の蓄電電力量を 17.8 Wh とし、1 時間率電流を 5,000 mA とした。

[フロート充電試験]

室温(28 度相当)、40 度、および 60 度の環境下にて 2 時間放置後、LiB のフロート充電として 1 時間率電流(5,000 mA)および電圧 4.2 V の条件で定電流一定電圧充電を行った。任意の時間が経過した後、LiB の蓄電容量を測定するために、1 時間放置し、5 時間率電流(1,000 mA)で 1.0 V になるまで定電流放電した。その際、セルの電圧が放電開始から 2.5 V に達するまでに要した電気量および電力量をそのセルの蓄電容量として見積もった。

3)結果および考察

室温(28 度相当)、40 度、および 60 度の環境下にて、1 時間率電流(5,000 mA)および電圧 4.2 V の条件で定電流一定電圧充電を行い、任意の時間で行った容量試験でセルの蓄電電気を求めた。それぞれの温度について、横軸をフロート充電時間の対数、縦軸をセルの蓄電容量をプロットし図 4-2 に示した。

この結果、充放電サイクル数の評価と同様に種々の温度でフロート充電時間が増加するに従ってセルの蓄電容量が減少していることが確認され、それぞれの温度について、セルの蓄電容量の予測式を得た。

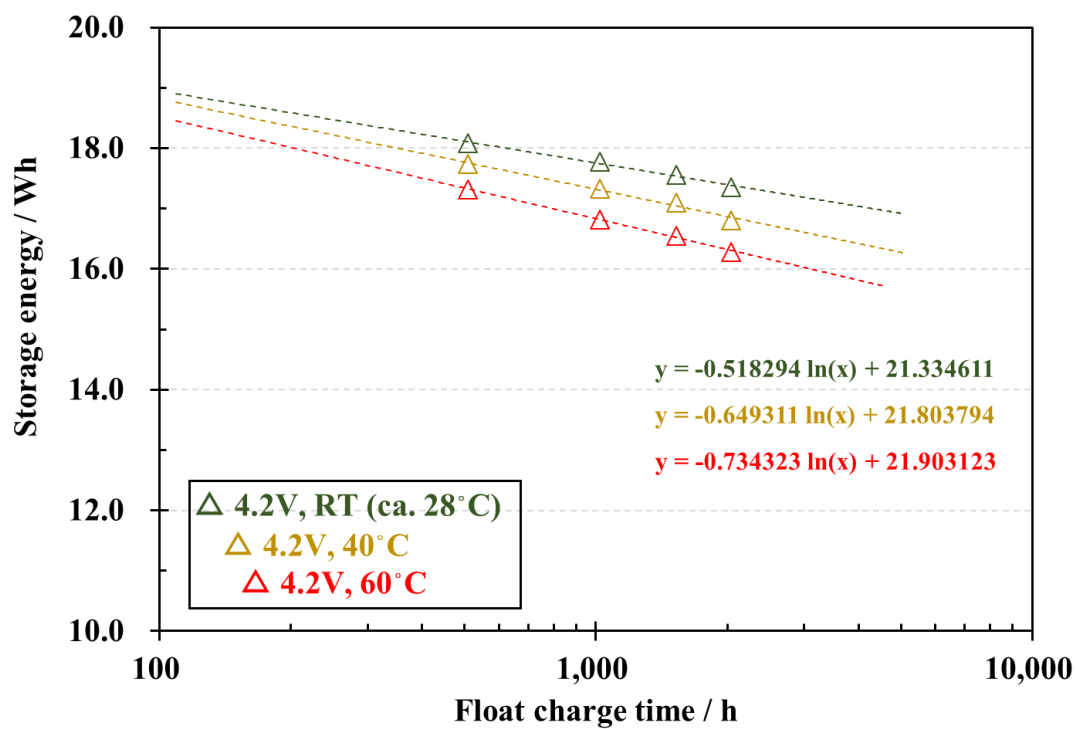


図 4-2 室温(28 度相当)、40 度、および 60 度における
フロート充電時間に対するセルの蓄電容量の関係

第 2 章 単セルの耐用年数予測

HEV として一定の運用が経過した LiB パックを EV 急速充電器へのアシスト電源として再活用するために第 1 章の単セルの充放電繰り返し寿命評価では、対象となる LiB の充放電繰り返し寿命評価とフロート充電評価を行った。

第 2 章では、EV 充電器のアシスト電源としての運用条件を設定し、対象となる LiB の充放電繰り返しやフロート充電時間を EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に換算し、期待される耐用年数を予測した。

(1) EV 充電器のアシスト電源としての運用条件

EV 充電器のアシスト電源として運用する際、リユース LiB パックに与えられる作用として次の 3 つに大別した。1 つ目は EV 充電器への電力をアシストするためにリユース LiB パックから放電を行っている状態、2 つ目はアシスト後に減少した蓄電容量を回復するため、リユース LiB パックへ充電を行っている状態(補充電)、3 つ目は所定の電圧で待機している状態がある。EV への充電を 1 日に 4 回、1 回あたりの EV 充電時間を 30 分として想定した運用条件を表 4-1 に示す。

この運用条件で試算した場合、EV 充電の回数は 1 年間に 4 回/日×365 日/年=1,460 回/年となる。EV 充電の際、毎回アシスト動作を行うものとするリユース LiB パックとしての充放電回数も同様に 1,460 サイクル/年となる。一方、リユース LiB パックとしての待機時間(EV へのアシスト動作(放電)やリユース LiB パックへ充電(補充電)を行っていない時間)は、一日あたり 22 時間、年間 8,030 時間となる。

表 4-1 EV 充電器のアシスト電源としての運用条件

項目	値	単位
EV 充電回数	4	回/日
	1,460	回/年
EV 充電時間	30	分/回
	2	時間/日
EV 充電待機時間	22	時間/日
	8,030	時間/年

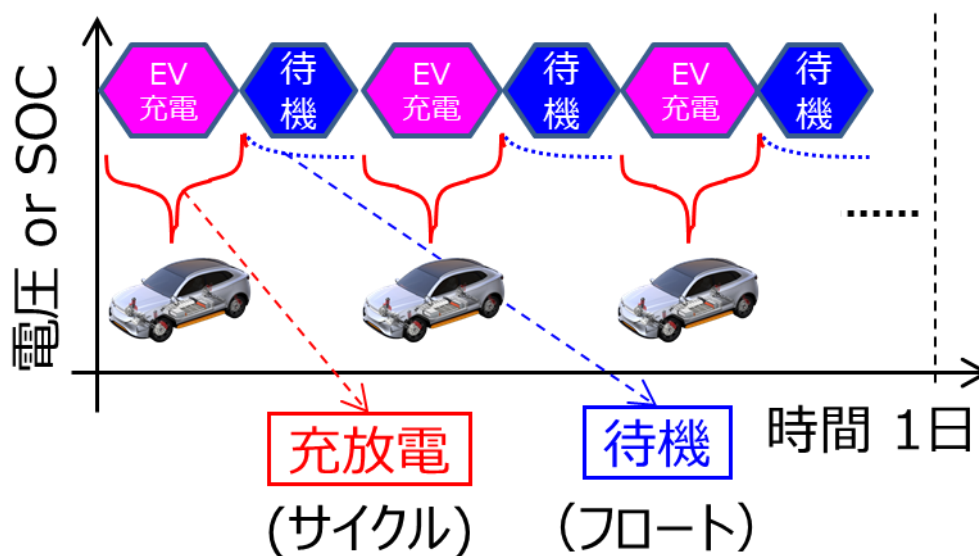


図 4-3 運用パターンのイメージ

(2) 単セルの耐用年数予測

1)目的

アシスト電源としての運用を想定した温度および電圧範囲に依存する単セルの充放電繰り返し寿命性能(サイクル試験)と待機状態の影響評価(フロート試験)の結果から EV 充電器のアシスト電源としてのリユース LiB パックの耐用年数を予測する。

2)方法

充放電サイクル数と待機時間について、EV 充電器のアシスト電源としての運用を想定した経過時間を見積り、EV 充電器のアシスト電源としての運用経過時間に対する充放電サイクルとフロート充電のそれぞれにおける蓄電容量にプロットしなおした。これにより充放電と待機時間による劣化が図 4-4 のようにイメージされる。それぞれ試算された充放電サイクル数と待機時間による劣化分を加算することにより EV 充電器のアシスト電源として使用した際の EV 充電と待機時間を考慮した経過時間に対する蓄電容量とした。

リユース LiB パックの耐用年数は、LiB パックに装備された、パックやセルの情報を管理して通信によって外部機器とやり取りするためのコンピューター(ECU)、パックの電力端子を外部回路と接続するためのスイッチ(リレー)、各セルの電圧を測定した充電状態を均等化させる制御機器(CVS)、およびセルを冷却するための冷却ファンの劣化をひとまず除外した、セルの蓄電容量が所定の下限值に達するまでの経過時間とし、想定した EV 充電器の運用で規格化した経過時間に対する充放電と待機のストレスを加算した蓄電容量の関係から見積もった。

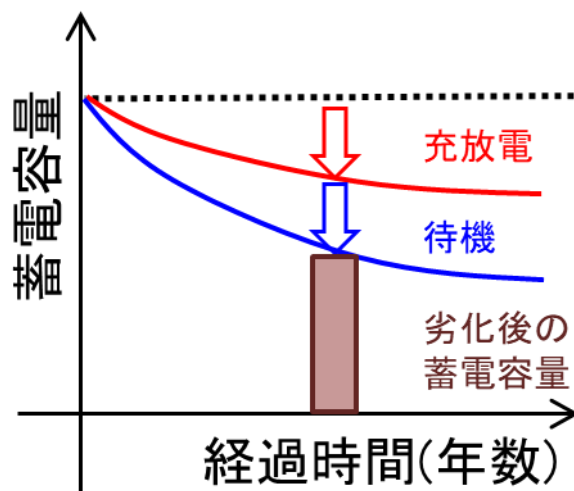


図 4-4 充放電と待機時間による劣化のイメージ

3)結果および考察

①充放電サイクル数に対する蓄電容量変化

再利用機器での耐用年数を予測するため、充放電のサイクル数を EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に換算し、EV 充電器での経過年数に対して(1)単セルの充放電繰り返し寿命評価で求めたセルの蓄電容量をプロットした結果を図 4-5 に示した。充放電のサイクル数を EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に換算する際、EV 充電器の運用条件より、充放電の 1,460 サイクルが EV 充電器のアシスト電源としての 1 年に相当するものとして求めた。この結果から得た EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に対するセルの蓄電容量の予測式を得た。

ここで Lower Limit1 は、市場から回収したリユース LiB パックの受入検査時のセルの蓄電容量の仮基準値 17 Wh、Lower Limit2 は EV 充電器のアシスト電源としての運用終了時のセルの蓄電容量の仮基準値 12 Wh である。

リユース LiB パックの蓄電容量の減少が充放電サイクル数の影響のみと仮定すると、60 度の環境下で充放電が繰り返された場合、少なくとも EV 充電器のアシスト電源として 6 年の耐用年数があると予想した。

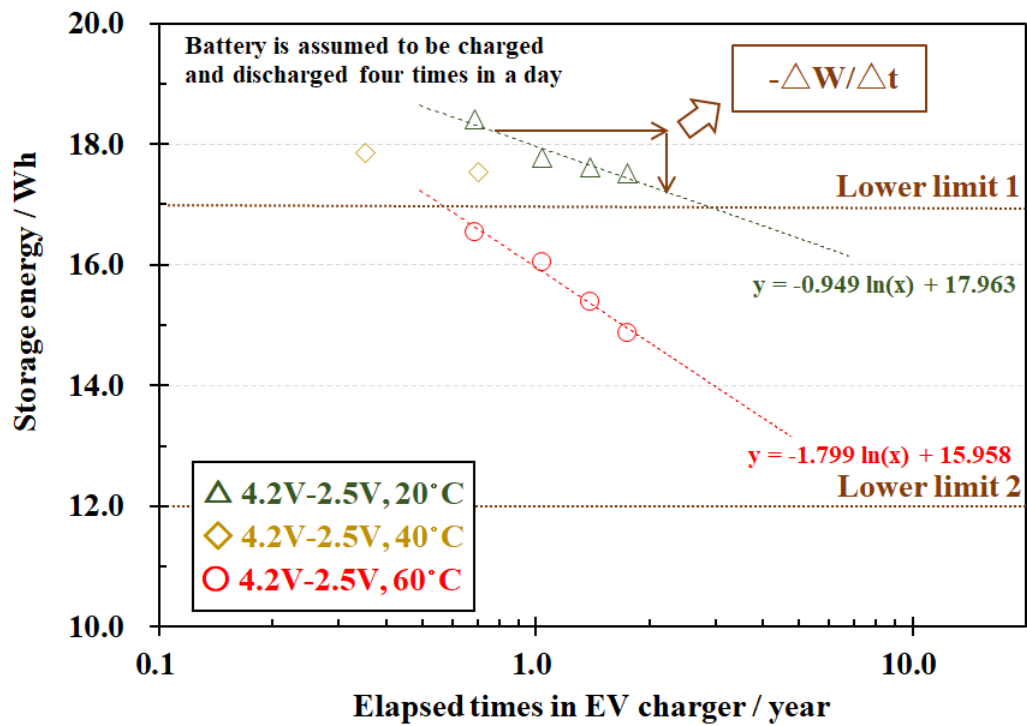


図 4-5 20 度、40 度、および 60 度における
 充放電サイクル数に対するセルの蓄電容量の関係
 (EV 充電器での経過年数換算)

②フロート充電時間に対する蓄電容量変化

再利用機器での耐用年数を予測するため、フロート充電時間を EV 充電器での経過年数に換算し、EV 充電器での経過年数に対して 2) 単セルのフロート充電寿命評価で求めた蓄電容量をプロットした結果を図 4-6 に示す。フロート充電時間を EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に換算する際、EV 充電器の運用条件より、8,030 時間のフロート充電時間が EV 充電器のアシスト電源としての 1 年に相当するものとして求めた。

この結果からリユース LiB パックの蓄電容量の減少がフロート充電による影響のみと仮定した場合の EV 充電器のアシスト電源としての経過年数に対するセルの蓄電容量の予測式を得た。

今回想定した EV 充電器のアシスト電源用途としての運用条件では、リユース LiB パックとしてその待機時間が一日あたり 22 時間、年間 8,030 時間になる。現在までのフロート充電評価では約 2,500 時間(EV 充電器のアシスト電源用途として約 2,700 時間相当)までの評価となっているため、単セルの充放電繰り返し寿命評価を継続し、寿命予測精度の向上が必要である。

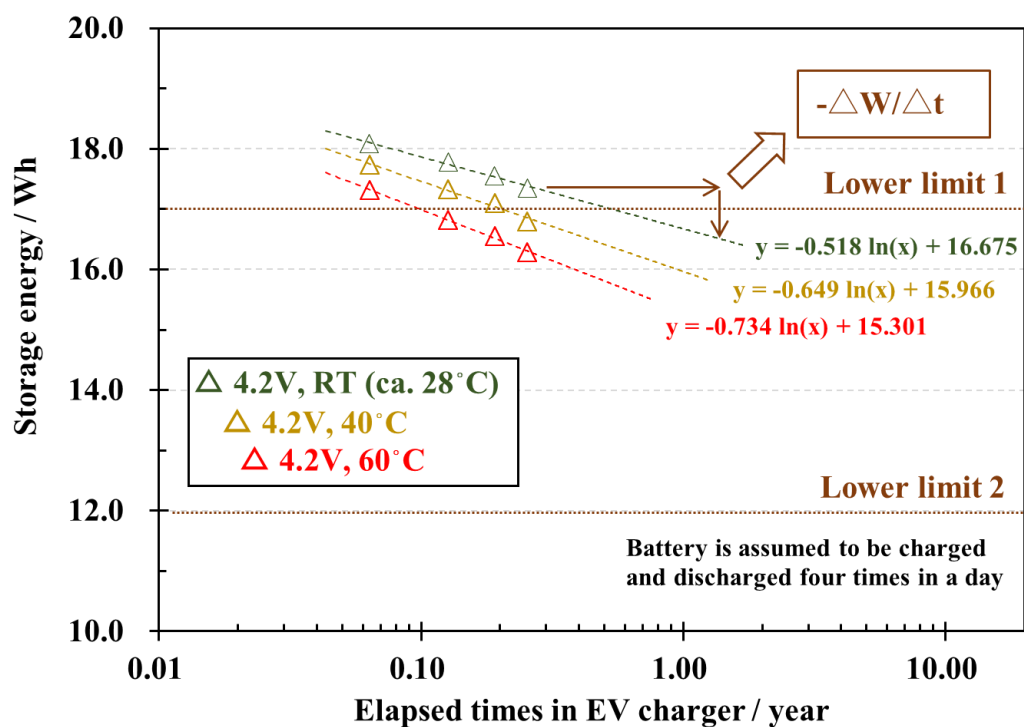


図 4-6 室温(28 度相当)、40 度、および 60 度における
フロート充電時間に対する蓄電容量の関係
(EV 充電器での経過年数換算)

③充放電サイクルとフロート充電を考慮した蓄電容量の予測

リユース LiB パックを EV 充電器のアシスト電源として使用した場合、リユース LiB パックとしての充放電の繰り返し(サイクル)と待機(フロート充電)時間に応じた蓄電容量の劣化が起こる。その相互作用の有無や影響度の詳細は不明なため、単セルの充放電繰り返し寿命性能(サイクル試験)と待機状態の影響評価(フロート試験)の影響を EV 充電器のアシスト電源としての運用条件にあわせて足し合わせて試算した。種々の温度における充放電サイクルおよびフロート充電時間を考慮した EV 充電器としての経過時間に対してセルの蓄電容量をプロットし図 4-7 と近似式を得た。

ここで電池運用終了時のセルの容量(Lower Limit2)を 12 Wh とすると、セルの容量変化の近似式から試算された耐用年数は 40 度のとき約 1.8 年、20 度のとき約 5.4 年となる。

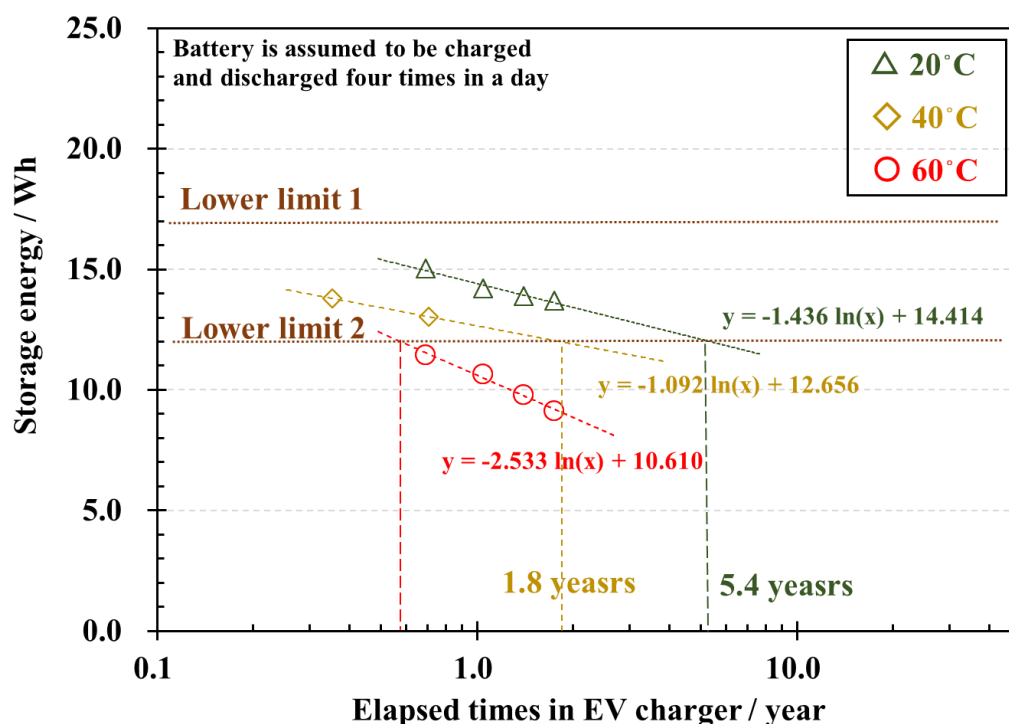


図 4-7 室温(20 度相当)、40 度、および 60 度における充放電サイクルおよびフロート充電時間を考慮した EV 充電器としての経過時間に対するセルの蓄電容量の関係

④温度と充放電サイクルとフロート充電時間を考慮した蓄電容量の変化

ある時間が経過した時点の蓄電能力の低下について、アレニウスプロットの式を当てはめた際、直線関係が得られるか確認を行った。

リユースLiBパックの運用における耐用年数を予測するために、リチウムイオン電池の蓄電電量を支配する物質が、充放電の繰り返しによって、その物質自身が劣化する副反応が起こることや充放電反応を阻害する化学物質が生成し、それによって電池の蓄電能力が失われていくことを想定した。今、電池の蓄電能力を失った分の活物質量を M mol、また、そのとき電池の蓄電性能が低下した分の電気量を PC とし、両者が比例すると仮定する、比例定数 I を用いて次式(1)が成り立つ。

$$P = IM \quad (1)$$

また、絶対温度 T K における電池の劣化に関わる不可逆反応の反応速度を k mol/sec は、気体定数を R 、反応の活性化エネルギーを E_a 、および頻度因子を A として、次の反応速度式(2)が成り立つ⁴⁻⁶⁾。

$$k = A \cdot \exp(E_a/RT) \quad (2)$$

時刻 t_1 および t_2 における電池容量の劣化量をそれぞれ P_1 および P_2 、劣化した活物質量をそれぞれ M_1 および M_2 とすると、 $t_2 - t_1$ 間に $k(t_2 - t_1)$ mol の劣化反応が起こったことになるので、その間に变化した劣化量の変化 $P_2 - P_1$ は、

$$\begin{aligned} P_2 - P_1 &= I(M_2 - M_1) \\ &= Ik(t_2 - t_1) \end{aligned} \quad (3)$$

となる。即ち、電池の蓄電性能が電気量を P だけ低下するのに経過する時間 t は、

$$P = \{I \cdot A \cdot \exp(E_a/RT)\} \cdot t \quad (4)$$

あるいは、

$$\ln t = \{E_a / (1,000 \cdot R)\} \cdot (1,000 / T) + \ln(P / I \cdot A) \quad (5)$$

で与えられ、 $1,000 / T$ を変数とした $\ln t$ は、傾きが $E_a / (1,000 \cdot R)$ および y 切片が $\ln(P / I \cdot A)$ となる直線で表される。

Lower Limit1 を市場から回収したリユース LiB パックの受入検査時のセルの蓄電容量の仮基準値 17 Wh、Lower Limit2 を EV 充電器のアシスト用電源としての運用終了時のセルの蓄電容量の仮基準値 12 Wh とし、種々の温度における充放電サイクルおよびフロート充電時間を考慮した EV 充電器としての経過時間(耐用年数)を近似式より求める。

温度、充放電サイクルおよびフロート充電時間を考慮した EV 充電器としての経過時間に対するセルの蓄電容量の関係を図 4-8 に示す。Lower Limit2 の絶対温度とセルの蓄電容量の関係がほぼ直線関係にあり、10°Cの温度低下で寿命が約 2 倍となることが確認できる。この Lower Limit2 (12 Wh)と Lower Limit1 (17 Wh)との差分から、各温度における耐用年数を見積もる。アシスト電源として運用する温度条件を東京の月平均気温データより年間の温度変化を考慮して 20 度と導出した場合、耐用年数は約 5.4 年と見積もることができる。

耐用年数を判断する電池が維持すべき蓄電容量は、EV 充電器のアシスト電源としての運用条件および設置環境によって再設定すべきであり、その設定に応じて結果が変化するが、HEV とし

て一定の運用がなされた LiB パックをリユース品として回収された直後の検査によって蓄電容量を測定し、およその耐用年数(残寿命)を推定することが可能となる。

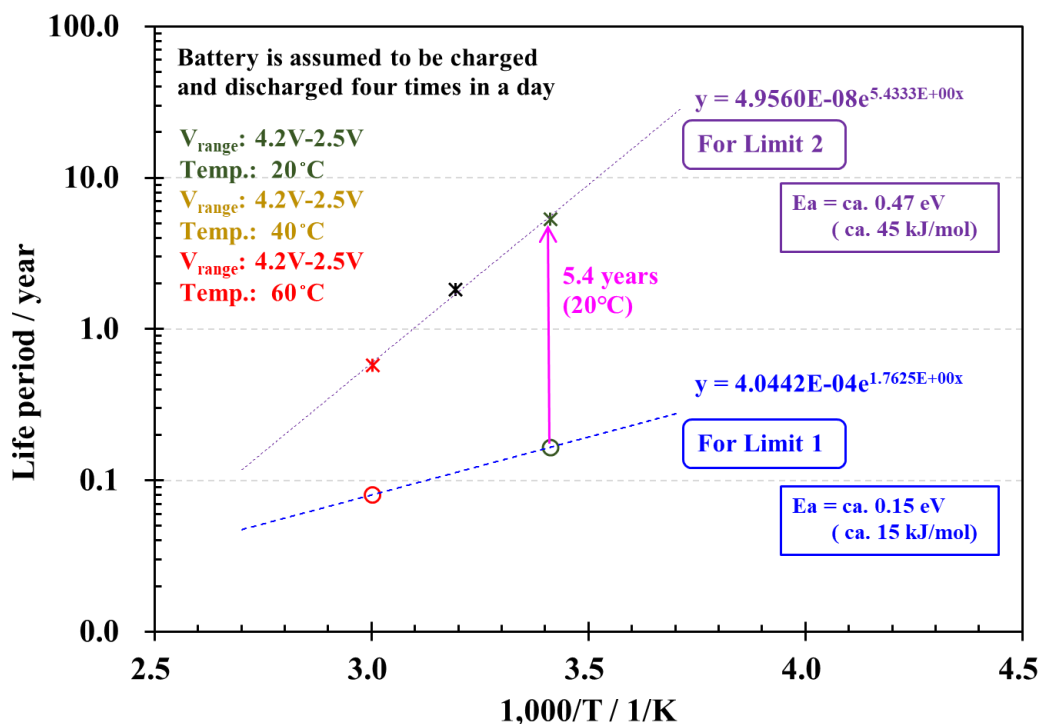


図 4-8 温度、充放電サイクルおよびフロート充電時間を考慮した EV 充電器としての経過時間に対するセルの蓄電容量の関係

4)結論

本検討の結果、温度および電圧範囲を条件とした単セルの充放電の繰り返し評価およびアシスト電源としての運用を想定した温度と電圧範囲での待機状態の評価(フロート充電寿命評価)によって、リユース LiB パックの残寿命を予測するための解析手法を定義し、劣化予測式を導出することができた。

HEV として一定の運用がなされた LiB パックを EV 充電器のアシスト電源として運用することを想定した条件にて、対象バッテリーの単セルの充放電繰り返し評価および定電圧フロート充電寿命評価において現評価結果を外挿し、20 度で運用した場合の耐用年数は約 5.4 年の結果を得た。

今後の課題として、リユース LiB パックとしての充放電の繰り返し(サイクル)と待機時間(フロート充電時間)に応じて生じる劣化の相互作用の有無や影響度の把握や、走行距離や使用年数、使われ方、LiB パックに与えられたストレス等が電池特性にどの程度影響を与えるのか、評価データの積み上げが必要であり、最終的に本用途でどの程度使用可能か寿命予測精度の向上が今後の課題である。

第 3 章 リユースバッテリーの短時間検査方法の検討

(1) はじめに

役目を終えたハイブリッド電気自動車(HEV)から回収した LiB パックを EV 充電器のアシスト電源として再利用するために、LiB パックに搭載された電子制御機器およびバッテリー本体の正常性を検査しなければならない。考え得る検査工程として、図 4-9 に示すように、回収された LiB パックの外観や使用履歴の検査(第一検査)、バッテリーに接続された周辺電気部品の検査(第二検査)、およびバッテリー本体の蓄電能力の検査(第三検査)を行う必要がある。第二検査では、バッテリー本体と外部回路を接続するためのスイッチ(リレー)、バッテリー本体内のセル情報を通信することができるコンピューター(ECU)、全てのセル状態を測定し各セルの充電状態を均等化する制御機器(CVS)、およびセルの温度が増加したときに稼働する冷却 FAN が搭載され、EV 充電器に搭載するときにもこれらの機器を活用するために、正常動作の可否を判断する。第三検査では、回収されたバッテリーが EV 充電器のアシスト電源としての性能を与えるのに必要な蓄電性能を維持しているかを判断する。

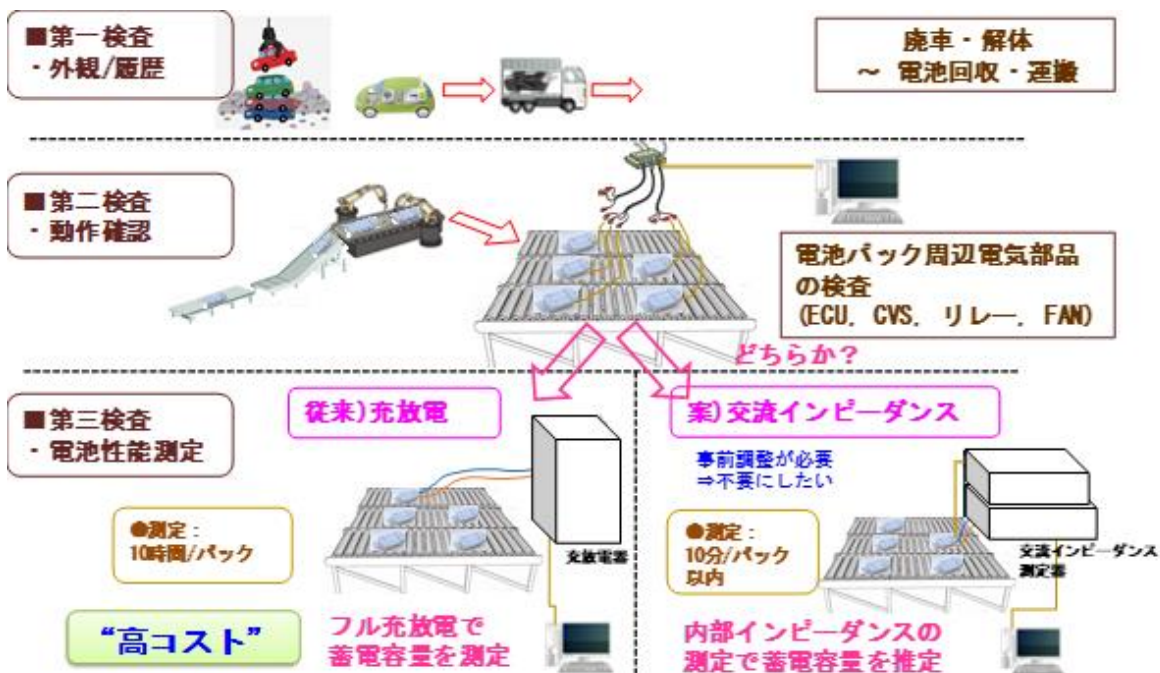


図 4-9 リユースバッテリーの検査工程イメージ

EV 充電器のアシスト電源として必要な回収されたバッテリーの蓄電性能とは、EV 充電器へ供給される系統電力を低減するために、一定の蓄電電力量(以下、“蓄電容量”と記す)を維持することである。しかしながら、バッテリーの蓄電容量の検査は、比較的小さな電流、例えば 5 時間率電

流でいったん完放電し、その後満充電および完放電するという充放電を行う⁷⁻⁹⁾のが一般的である。即ち、一台のLiBパックの蓄電容量を検査するのに、10時間以上を要することになり、大量のLiBパックを検査するために高コストな設備投資が必要となる。この課題を解決するために、バッテリーの充放電でなく短時間で検査することができる方法により蓄電容量を知る手段を検討した。

二次電池は、正極から負極に直列に経由する電気抵抗の成分¹⁰⁻¹²⁾を表した模式図4-10のように、R1~R3、R5~R7、およびR9~R11までの電子移動に支配される抵抗成分(電子抵抗)とR4およびR8に位置する蓄電能力を持ちその充放電に関わる反応によってその電荷移動あるいは物質拡散が支配する抵抗成分(電荷移動抵抗、拡散抵抗)¹³⁻¹⁵⁾に区別することができる。

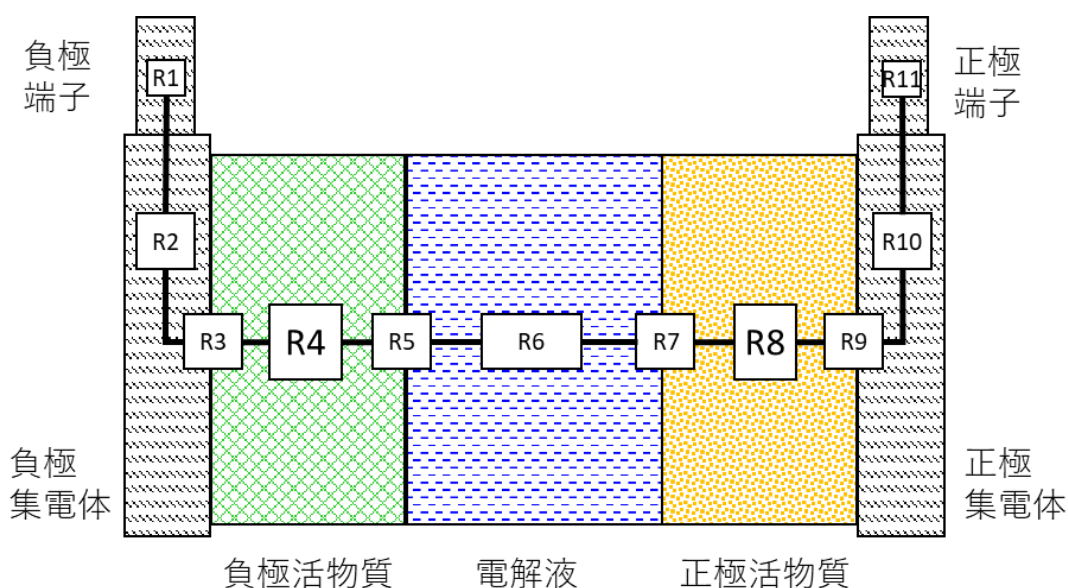


図 4-10 二次電池における内部抵抗の成分を表すスキーム

この中で、蓄電に関わる R4 および R8 は負極活物質および正極活物質と呼ばれ、図 4-11 に示すように、それぞれが並列に接続された等価回路の構成となると考えられる。活物質の粒子一つ一つが等しい蓄電容量および抵抗値を持つとすれば、並列接続された活物質粒子が劣化により蓄電能力が失活し抵抗が無限大に増大したときには、電池の容量は活物質粒子が失活した分だけ減少し、内部抵抗は増大する。正確には、正極および負極のそれぞれにおいて、蓄電容量と内部抵抗が反比例することになる。

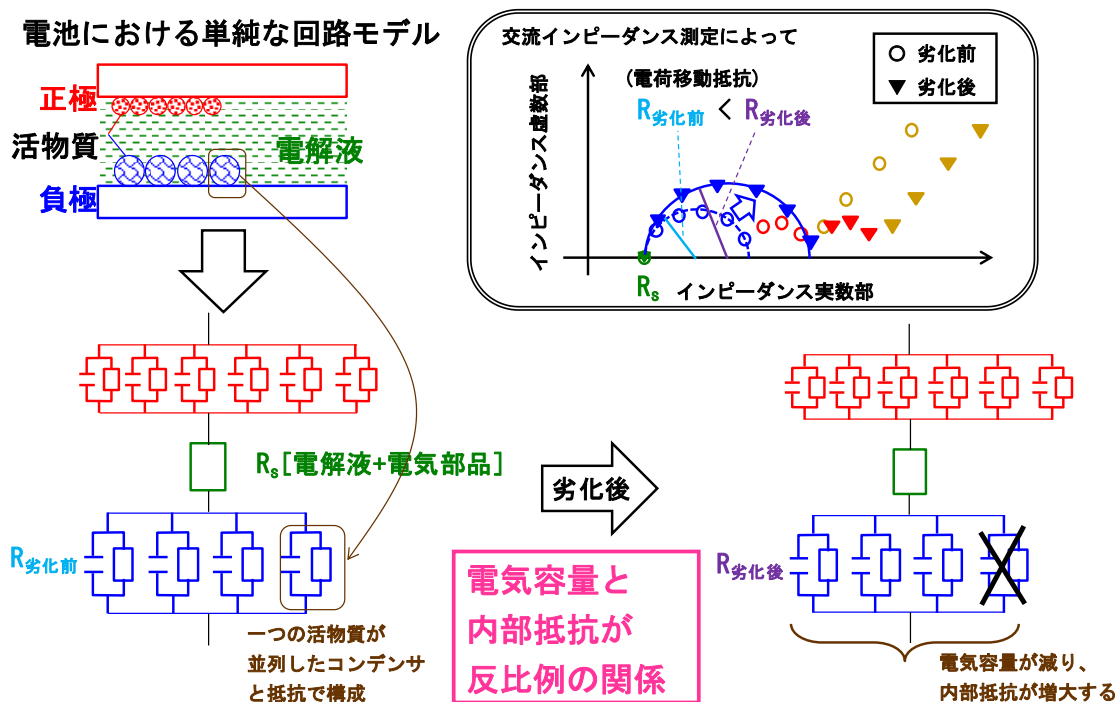


図 4-11 二次電池における蓄電に関わる正極および負極活物質に依存する抵抗成分の等価回路および蓄電容量との関係

この原理を用いて、LiB パックの内部抵抗を低コストで検査することができれば、蓄電容量を見積もることが可能となると考え、あらゆるストレスが与えられたセルの内部抵抗と蓄電容量の相関を調べることを検討した。その際、電池の交流インピーダンスから、正極活物質および負極活物質の抵抗成分を区別して評価^{16,17)}できることが知られており、セルの内部抵抗測定に交流インピーダンス法を検討した。

また、直流の充放電から得られる電圧曲線から電子移動および電荷移動に関わる抵抗成分¹⁸⁻²⁰⁾を見積もることを検討した。

(2) 実験

対象となる未使用の LiB パックから単セルを採取し以下に示す充放電評価を行った。尚、単セルの定格の電圧範囲を 2.5 V ~ 4.2 V (積分平均電圧 3.56 V)、定格の蓄電電気を 5,000 mAh、および定格の蓄電電力量を 17.8 Wh とし、1 時間率電流を 5,000 mA とした。

[容量試験]

単セルを完放電するために、室温環境下において 5 時間率電流(1,000 mA)で 1.0 V になるまで定電流放電した。その後、5 時間率電流(1,000 mA)で 4.2 V になるまで定電流充電し、次いで 4.2V で 30 分間定電圧充電し、満充電とした。満充電の状態に 1 時間放置した後に 5 時間率電流

で 1.0 V になるまで定電流放電した。その際、セルの電圧が放電開始から 2.5 V に達するまでに要した電気量および電力量をそのセルの蓄電容量として見積もった。

[直流内部抵抗決定のための 1 時間率充放電]

室温環境下において完放電された単セルを 1 時間率電流で所定電圧 X_n V まで充電し、10 分間の休止を経て、4.2 V まで充電および休止を繰り返した。4.2 V まで充電された単セルを、1 時間率電流で所定電圧 Y_n V まで放電し、10 分間の休止を経て、1.0 V まで放電および休止を繰り返した。

$$X_n = 2.5, 3.0, 3.2, 3.5, 3.8, 4.0, 4.2 \text{ V}$$

$$Y_n = 4.0, 3.8, 3.5, 3.2, 3.0, 2.5, 1.0 \text{ V。}$$

[交流インピーダンス測定]

室温環境下において満充電された単セルに 10 MHz から 10 mHz まで段階的に周波数を変化させながら 5 時間率電流を振幅とした交流の正弦波を与え、その時の電圧を測定した。セルの内部抵抗の実効値、即ち交流インピーダンスおよび電流と電圧の位相差から、交流インピーダンスの実数成分(Z_{re})および虚数成分(Z_{im})を見積もった。

[充放電サイクル試験]

20 度、40 度、および 60 度の環境下にて 4.2 V ~ 3.0 V、4.2 V ~ 2.5 V、および 4.2 V ~ 1.0 V を電圧範囲とした 1 時間率電流での充放電サイクルを行った。尚、充電-放電間および放電-充電間に 10 分の休止を行った。所定の充放電サイクルが経過した後、[容量試験]、[直流内部抵抗決定のための 1 時間率充放電]、および[交流インピーダンス測定]を行い、[充放電サイクル試験]を継続した。

(3) 結果および考察

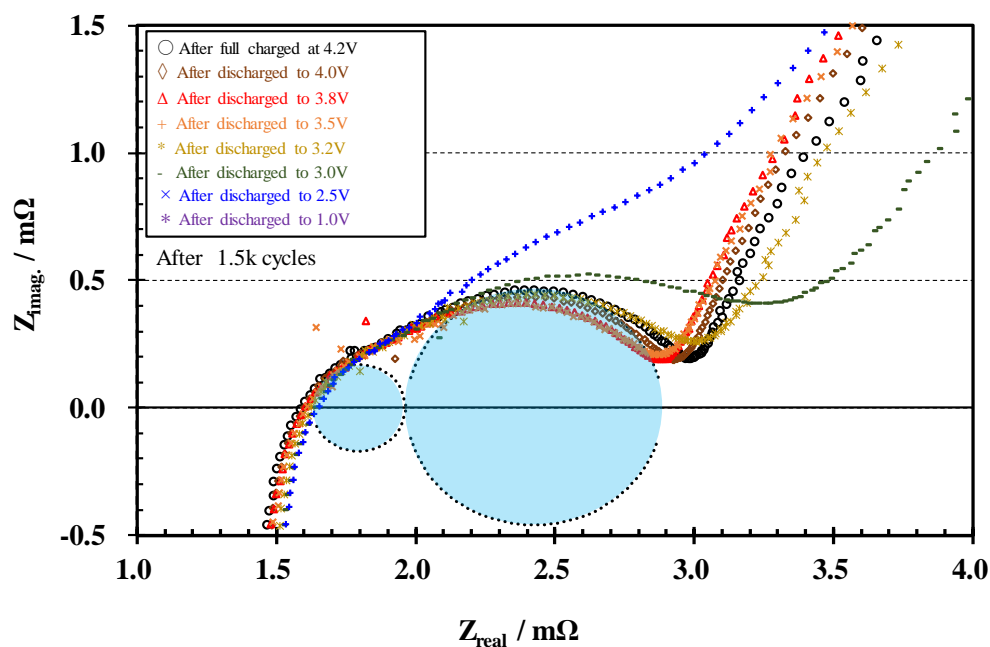
1) 充放電サイクルストレスが与えられたセルの交流インピーダンスおよび蓄電容量との相関

種々の充放電によるストレスが与えられたセルの一例として、60 度における 4.2 V-1.0 V の電圧範囲で一時間率電流の充放電サイクルを行った後に所定の電圧での交流インピーダンスを測定し、それにより得られたインピーダンスの実数成分および虚数成分をそれぞれ x 値および y 値として描いたナイキストプロットを図 4-12 に示した。いずれの電圧においても 2 つ(以上)の円弧を含むことが観察された(図 4-12a)。リチウムイオン電池では、周波数の高い側から負極活物質および正極活物質に関わる情報が反映される。セルの電圧が 3 V 以下になると、正極が完放電し、過放電状態となったときの酸化還元反応が起こることによって、低周波数側の円弧が大きくなったと解釈できる。

簡単のために、4.2 V におけるナイキストプロットだけを抜粋すると、図 4-12b に示されるように、ナイキストプロットと実数軸が交わるインピーダンスの実数成分が、金属材料、電解液、およ

び材料の接触に関わる電子抵抗の総和となり、 Z_{ct1} および Z_{ct2} がそれぞれ負極活物質および正極活物質の電荷移動に関わる抵抗となる。

(a)



(b)

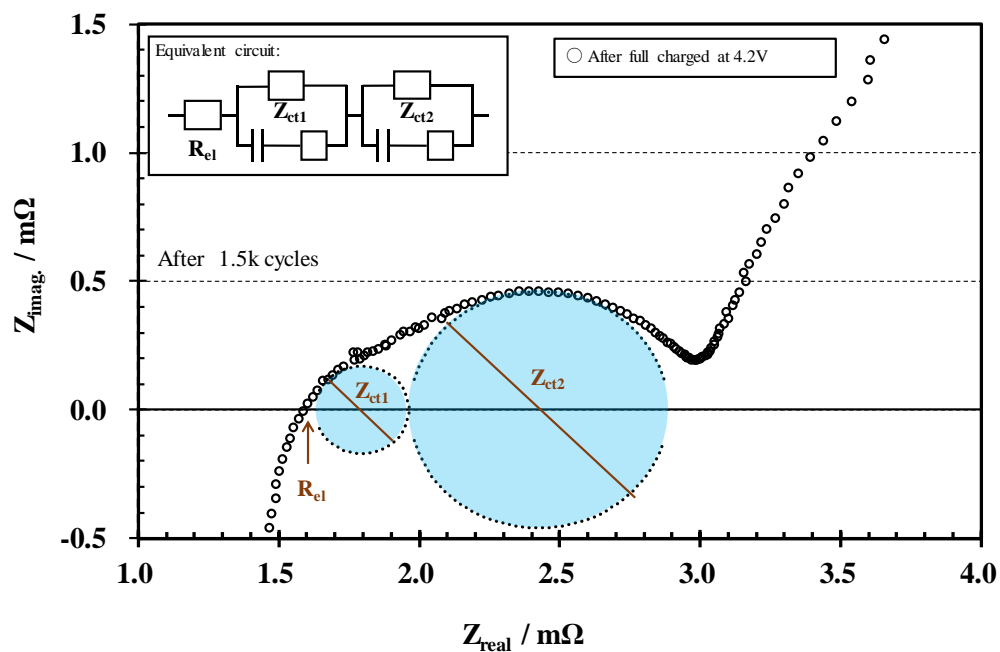


図 4-12 対象電池の充放電評価の所定サイクル後に行った充電状態別交流インピーダンス測定により得られたナイキストプロット(a) 全充電状態 (b) 4.2V の充電状態の抜粋

種々の温度および電圧範囲条件で行った充放電サイクル後の、4.2 V における交流インピーダンスの低周波数側の電荷移動抵抗 Z_{ct2} を求め、交流インピーダンス測定の直前に行った容量試験における 4.2 V から 2.5 V までの放電電力量を蓄電容量 $W_{4.2V-2.5V}$ として、 $W_{4.2V-2.5V}$ に対する Z_{ct2} の相関関係をプロットしたところ、図 4-13 に示されるような曲線関係が得られた。完全な反比例ではなかったが、セルの容量を決定するには十分な相関性を示し、 Z_{ct2} の検査判定値を設定することによって、EV 充電器のアシスト電源として必要な蓄電容量を持つセルを判別することが可能となることが示された。

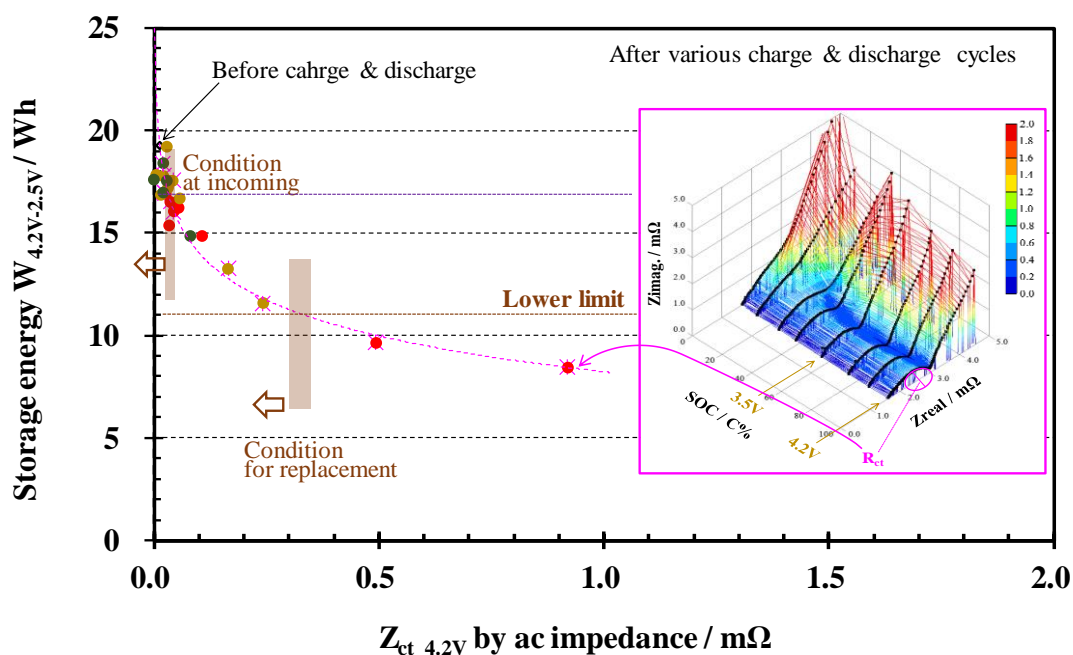


図 4-13 様々な充放電評価後の電池における交流インピーダンスの電荷移動抵抗成分と電池の蓄電容量の関係

2) 充放電サイクルストレスが与えられたセルの直流内部抵抗および蓄電容量との相関

LiB パックの瞬間的な充電あるいは放電の情報から、交流インピーダンス測定で得られるような電子抵抗および電荷移動抵抗に匹敵する情報を得ることができれば、抵抗測定装置としての低コスト化が可能となると考えた。

一般に、電池を放電(あるいは充電)したとき、電流が印加される直前の電池の開回路電圧 V_0 から印加した電流 i と電池の電子抵抗 R_{el} との積 iR_{el} だけ電圧降下が起こる(図 4-14)。電池を放電した瞬間に電圧降下したあと正極および負極の放電反応によって生じる化学平衡に対する電位差、電荷移動抵抗、および拡散抵抗が寄与しながら電圧が減少し続ける。例えば、放電開始から 5.0 sec 後の電圧を測定し、開回路電圧との差を見かけの電圧降下として $iR_{5.0sec}$ とすると、見かけの電圧降下から電子抵抗のみによる電圧降下を除いた抵抗成分 $R_{5.0sec} - R_{el}$ は、電荷移動抵抗と拡散抵抗に律速される抵抗成分となる。電荷移動抵抗成分だけを取り出すことが望ましいが、

$R_{5.0\text{sec}} - R_e$ が蓄電容量と相関すれば、LiB パックの検査装置を低コスト化し得る。

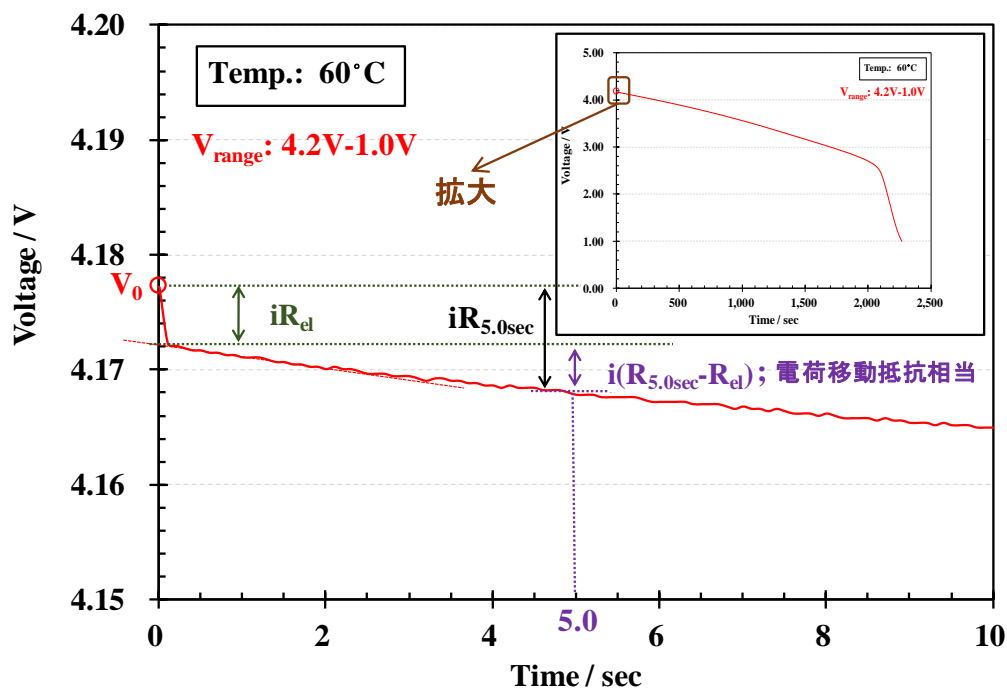


図 4-14 電池の直流放電における電圧降下から解析される電子抵抗成分および電荷移動抵抗成分を示したスキーム

種々の温度および電圧範囲条件で行った充放電サイクル後に行った[直流内部抵抗決定のための 1 時間率充放電]から、4.2 V における電子抵抗 R_{el} および 5.0 sec 秒目の見かけの抵抗 $R_{5.0\text{sec}}$ を求め、電子抵抗を除いた電荷移動抵抗および拡散抵抗を含む抵抗成分 $R_{ct5\text{sec}_4.2\text{V}} (=R_{5.0\text{sec}} - R_{el})$ を蓄電容量 $W_{4.2\text{V}-2.5\text{V}}$ に対してプロットし、図 4-15 を得た。この結果、 $W_{4.2\text{V}-2.5\text{V}}$ と $R_{ct5\text{sec}_4.2\text{V}}$ が相関性のある曲線関係となることが示され、交流インピーダンス測定と同様に $R_{ct5\text{sec}_4.2\text{V}}$ によって、EV 充電器のアシスト電源として必要な蓄電容量を持つセルを判別することが可能となる。

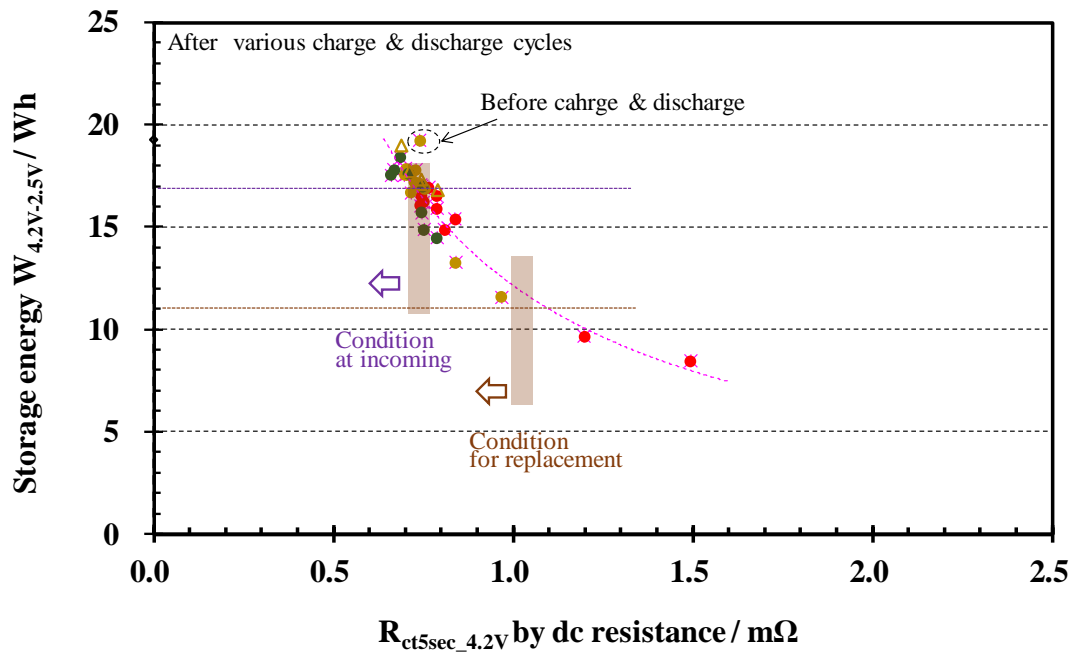
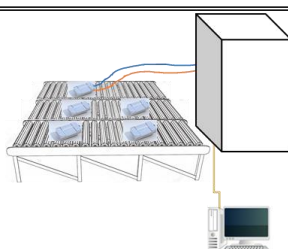
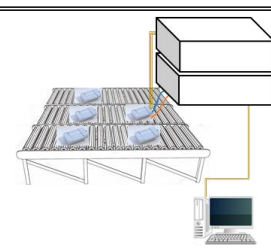
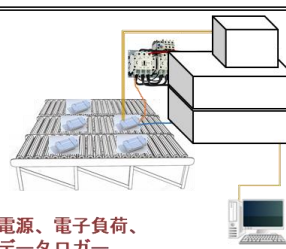


図 4-15 様々な充放電評価後の電池における直流放電の電荷移動抵抗成分と電池の蓄電容量の関係

3) LiB パックの内部抵抗成分解析による蓄電容量検査

LiB パックの正常性の判定のために想定した検査プロセスにおいて、バッテリーの蓄電能力を検査する測定として考えられる充放電、交流インピーダンス、および直流内部抵抗測定について、検査時間および測定に必要な装置のコストに関して、表 4-2 にまとめた。充放電は、5 時間率電流での完放電、満充電、および放電を想定した結果、検査に必要な検査工程時間はおよそ 12 時間となる。交流インピーダンスおよび直流内部抵抗測定は、測定自体は 1 分以内で行うことが可能であるが、事前にバッテリーを所定の充電状態にするために充電あるいは放電するのに必要な時間を要する。その結果、検査工程時間がおよそ 2 時間となると見積もった。コストについて、充放電、交流インピーダンス、および直流内部抵抗測定として市販されている装置を示したが、バッテリーリユースの量産時には、測定時間に逆比例する台数の設備コストが掛かり、検査工程時間の短縮は、設備投資コスト削減にも寄与し得る。

表 4-2 リユースバッテリーの検査方法のまとめ

測定方法	充放電	交流インピーダンス測定	直流内部抵抗測定
必要装置	 <p>充放電機、配線回路、PC</p>	 <p>電源、周波数分析装置、配線回路、PC</p>	 <p>電源、電子負荷、データロガー、(充放電機) 配線回路、PC</p>
工程作業時間	約12 時間 / 1 パック	約2 時間 / 1 パック (インピーダンス測定 < 1分)	約2 時間 / 1 パック (内部抵抗測定 < 1分)
装置コスト例 (内部セル測定)	900万円 / 1 パック	700万円 / 1 パック	500万円 / 1 パック
利点	直接、蓄電電力量を判定できる 次工程のための完放電状態で終了できる	解析により、電池内部の成分の劣化を推定できる	簡便に合否判定できる 本リユースバッテリーでは、リレー、廃熱抵抗のみの工程で検査可能となり得る (超低コスト)

(4) 結論

本検討の結果、環境温度および充放電によるストレスが与えられた対象 LiB の蓄電容量と内部抵抗が高い精度で相関することが示された。従って、回収された LiB パックの性能を検査する際、充放電による容量測定の代わりに直流放電による内部抵抗あるいは交流インピーダンスを測定することによって計測時間を飛躍的に短縮し、検査に必要な評価機器の台数を圧縮することができることを示した。回収された LiB パックの性能検査には、バッテリーの蓄電性能だけでなく、電

力回路を制御する接触器、各セルの情報を通信するコンピューター、および各セルの充電状態を制御するバッテリーマネジメント機器の検査も必要となり、一連の検査プロセスを構築することによって、より低コストな検査工程を確立しなければならない。

第4章 直列組電池の短時間検査方法

前章で回収電池の劣化状態を短時間で把握・推定すること可能であることを確認した。しかし、単セルを用いた検討であるため、選別工程へ適用するためには回収 LiB パックを解体して単セルを取り出すこととなるが、工数を考慮すると回収された HEV 用 LiB パックの状態での劣化状態を把握する技術を確立する必要がある。

そこで本章では LiB パックの構成で劣化状態を検出する事を目的として、組電池の構成で電池以外の部材の影響を除外し、電池の劣化特性を評価できるか検討する。

(1) HEV 用の LiB パック

1) LiB パックの構成

想定している回収 LiB パックの構成を下記に示す。

- ・12 個の単セルは接続部材で直列に接続され電池モジュールとなる。
- ・4 個の電池モジュールはバスバーA、B 及びハーネスで直列に接続され、+-の外部端子から充放電が可能な LiB パックとなる。
- ・また、LiB パックには 48 個の各単セル電圧を検知するとともに各セルの電圧バランスを制御する回路(CVS)が接続される。

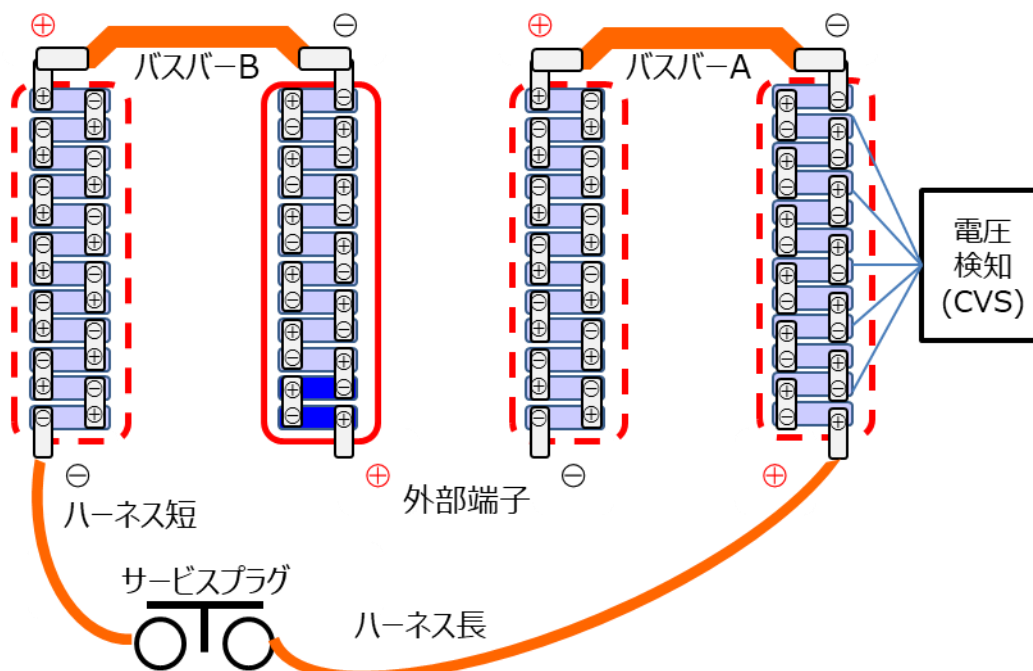


図 4-16 LiB パックの構成部材

LiB パックにおいて電池に接続される部材は下記の 2 つに大別される。

1. 通電部材： LiB パックへの充放電電流が流れる部材。バスバー、ハーネスなどの部材であり、抵抗成分が主と考えられる。
2. 非通電部材： 電池に接続されているが充放電電流が流れない部材。電圧を検知する回路 (CVS) などの部材であり、キャパシタンス、インダクタンス成分を相応程度含むと考えられる。

2) 単セルの劣化バラツキ

目的)

LiB パックは 48 個の単セルを直列に接続している。直列に接続された 48 個の単セルの劣化は概略均等に進行していることを前提として LiB パック全体の特性を測定し回収 LiB パックの選別を実施する工程を想定している。

しかし、組電池に備えられた多数の電池は使用環境の条件バラツキなど各種条件により均一に劣化をするとは限らず、実際には相応の劣化バラツキが発生していることが考えられる。

このため、LiB パック内での単セル特性劣化のバラツキを確認し、電池劣化バラツキの程度と電池劣化特性把握への影響度がどの程度あるかを確認する。これにより、パック全体の電池容量を測定して劣化を把握する想定で進めて良いか、それとも単セルの個々の劣化を把握する想定が必要であるかを検討する。

方法)

回収したパックのうち、5 年程度走行した 2014 年式車から得た走行距離 14 万 km 以上の比較的劣化の大きい LiB パックに対し、48 個の単セル容量を個別に測定することで、パック毎の単セル容量バラツキを確認する。

また、比較として新品電池パックも同様に単セル容量を測定し、バラツキを把握することで HEV の実使用により劣化バラツキがどの程度拡大しているか確認する。

結果・考察)

バラツキの確認結果

表 4-3 に LiB パックの容量と単セルの容量を測定した結果を示すとともに、単セル容量のバラツキを図 4-17 に示す。

表 4-3 バラツキ確認用パック

		回収パック①	回収パック②	新品パック③	新品パック④
走行距離		14.6 万 km	21.0 万 km	—	—
年式		2014 年 1 月	2014 年 3 月	—	—
パック 144-201V	容量	738 Wh	729 Wh	792 Wh	795 Wh
	内部抵抗	68 mΩ	69 mΩ	86 mΩ	89 mΩ
セル 3.1-4.1V	平均容量	12.7 Wh	12.6 Wh	13.8 Wh	13.5 Wh
	標準偏差	0.076 Wh	0.082 Wh	0.074 Wh	0.097 Wh
	変動係数	0.006	0.006	0.005	0.005

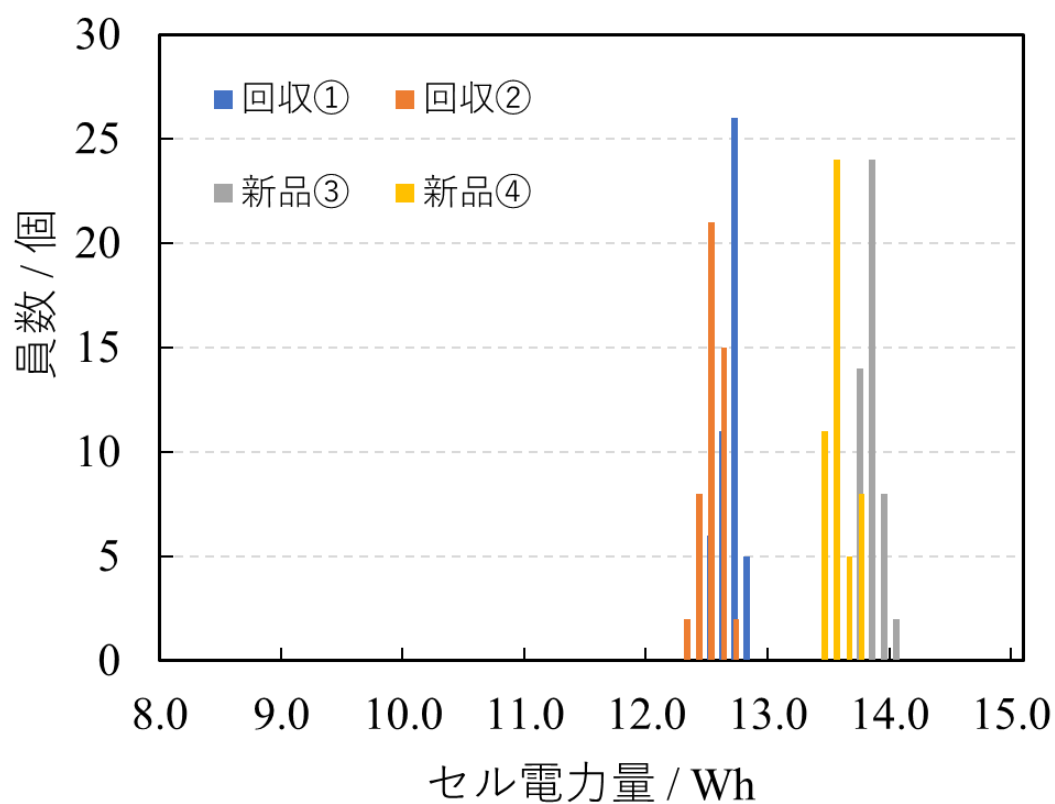


図 4-17 パック内 48 セルの劣化バラツキ確認

回収して相当程度劣化が進んだ電池でも標準偏差は 0.08 Wh 程度で容量バラツキは変動係数で 0.006 程度であった。

新品電池の単セル容量バラツキは変動係数で 0.005 であることと、図 4-17 の単セル容量の分布からは、電池パックの特性低下の形態としては、特定の単セルだけ劣化が急速に進んで全体 LiB パックの特性が低減するのではなく、全 48 個の単セルでほぼ均等に劣化が進む劣化の形態であることが確認できる。

単セル毎の電池劣化バラツキが小さいため、組電池の特性評価においては電池特性が均一であることを仮定してその他の部材との特性値を用いた検証を進める。

(2) 組電池の特性評価

1) 目的

前章までで単セルの直流抵抗と交流インピーダンスを測定し、電池の劣化状態を把握することで検査時間を短縮しうることを第 3 章で確認した。

これは、電池を図 4-10 に示す等価回路と見なし、活物質の劣化に応じた内部抵抗の増大と、蓄電容量劣化との相関関係を応用する方法である。

回収された LiB パックには通電部材と非通電部材が単セルに接続されており、内部抵抗測定による劣化状態推定法ではその結果に影響を与えられられる。このため、本節ではハーネスやバスバーなどの通電部材が組電池の内部抵抗値測定に与える影響を把握し、劣化特性評価への影響と判断可否を検討する。

前章で有効性を確認した直流抵抗法とともに、交流インピーダンス法による内部抵抗測定技術を対象に、組電池構成での影響を検討する。

2) 試験用組電池構成

被試験体としての組電池構成を図 4-18 に示す。現有の評価装置では最大電圧の制約があることと各構成部材の影響度を高い分解能で把握するため、単セル 2 個を直列として各種通電部材を接続した。通電部材としては、バスバー 2 個(A、B)、ケーブル 2 個(長、短)、プラグ 1 個、である。

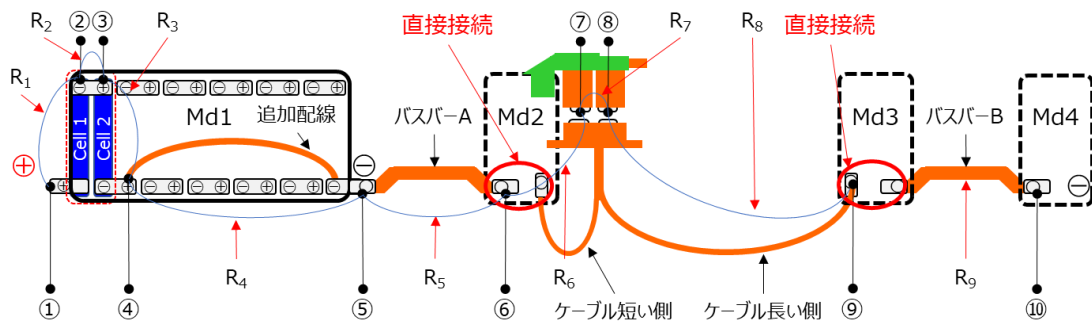


図 4-18 組電池試験体の構成

(3) 直流内部抵抗法による評価

1)目的

本節では通電部材で構成された組電池の特性を直流抵抗法により測定と評価を行う。バスバーやケーブルなどの全ての通電部材を含む構成での直流抵抗試験とともに、各部材毎に直流抵抗試験を実施し、各部材の直流抵抗値を取得する。部材の抵抗成分の値を単セルの特性値と比較することで、劣化特性把握への影響を評価する。

2)方法

前記組電池試験体に対して直流内部抵抗法で特性を評価する。対象を新品の単セル及び通電部材を備えた組電池とし、試験手順は前章での直流抵抗法の手順に準ずる。単セルと組電池での導出の例を図 4-19,20 に示す。

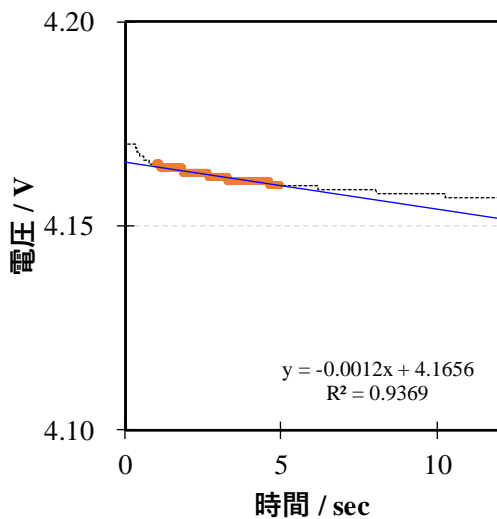


図 4-19 実験結果 Cell 1

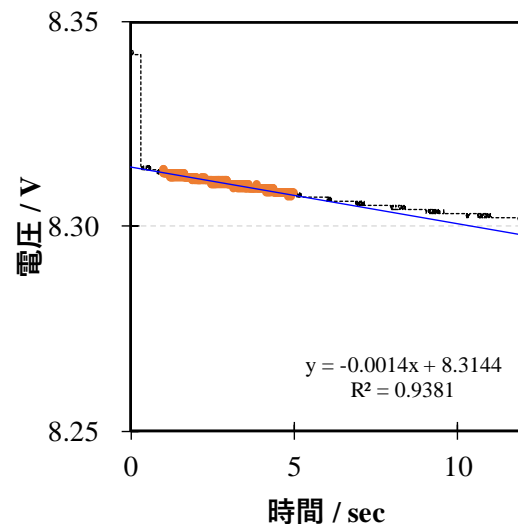


図 4-20 実験結果 組電池

3)実験結果と考察

複数ある通電部材のそれぞれについて直流抵抗を算出し、図 4-21 に示す。

比較的大きい値を示す部材は単セル(0.87 mΩ/個)、ケーブル(長:0.44 mΩ/本)である。

電池は SOC により内部抵抗が異なるが、ここでは 4.2 V の試験結果を示す。電池の内部抵抗測定では、組電池構成に用いる通電部材は主に抵抗成分として現れ、単セルの特性に重畳して測定される。

図 4-21 はセル 2 個直列で測定した各部材の抵抗値を積み上げたグラフである。

全体で約 3.0 mΩ であり、その内訳は単セル 1 個分の内部抵抗約 0.9 mΩ に対して、ケーブル、バスバー、プラグ、接続部材などの通電部材で合計 1.2 mΩ となる。

前節での内部抵抗法の検討によると、LiB パック回収時の単セル劣化による内部抵抗値変化は約 23%である。

今回の被試験体で図 4-21 の直流印加での電圧低下データから導出した単セル 2 つ分の内部抵抗が計 1.8 mΩ(=0.87+0.89)に対して通電部材は計 1.2 mΩ であり、電池に対する通電部材の抵抗比率は約 66%程度であるため、通電部材の影響が比較的大きく見える。

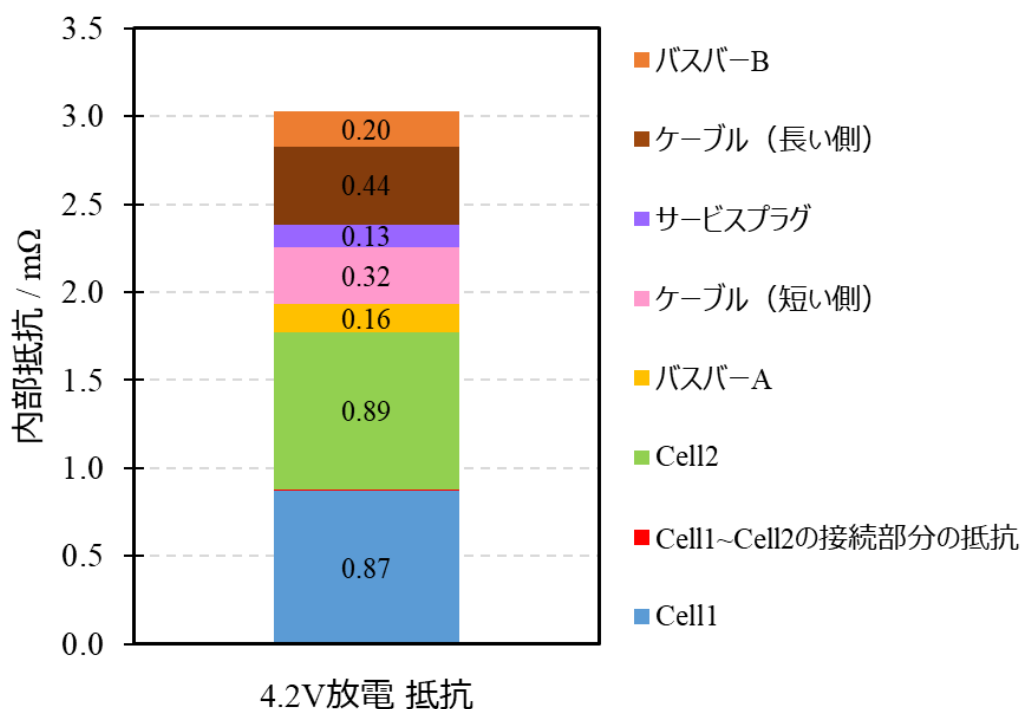


図 4-21 実験結果 各部材の直流抵抗

直流抵抗：パック全体 部材毎推計

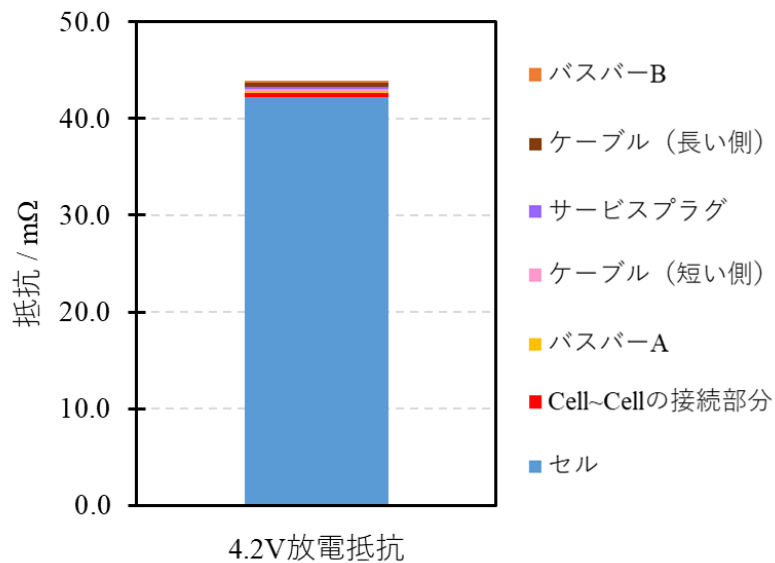


図 4-22 パック抵抗の推計値、組電池

しかし、回収 LiB パックの選別工程では単セルを 48 個備えた分解されていない LiB パックを用いることを想定しており、これを考慮した抵抗値の推計値を図 4-22 に示す。これによると単セル 48 個の内部抵抗値は 42.3 mΩ で、通電部材を含む LiB パック全体の直流抵抗値 43.9 mΩ に対して約 96.3%が単セル 48 個の抵抗であり、電池 48 直に対する通電部材の抵抗値 1.2 mΩ は約 3%程度である。このため、劣化による電池の抵抗値増分の 20%程度の変化を想定すると、通電部材の 3%と比較して十分に大きく通電部材の影響を分離しての電池劣化評価が可能であると判断する。

(4) 交流インピーダンス法による評価

1)目的:実験の説明

本節では通電部材で構成された組電池の特性を交流インピーダンス法により評価する。前記の直流抵抗法試験と同構成の被試験体を用い、バスバーやケーブルなどの全ての通電部材を含む全体構成での交流インピーダンス試験とともに、単セルのみでの交流インピーダンス試験を実施し特性値を比較する。組電池構成における通電部材と単セルの分離可能性を確認して劣化特性把握への影響を評価する。

2)方法

組電池の被試験体に対して交流インピーダンス法で特性を評価する。試験対象は新品の 2 直単セル及び 2 直セルに通電部材を備えた組電池とする。

構成は前記図 4-18 において、単セル 2 直列部の特性を確認するため端子部①と④に交流を印加するとともに、単セル 2 直列にケーブルやハーネス等を取り付けた全体構成の両端子部①と⑩に交流を印加して行う。

3)実験結果と考察

電池 2 セル直列構成と通電部材を含む全体構成でのナイキストプロットを描き、図 4-23 に示す。また、比較のため、単セルのみでのナイキストプロットも同時に示す。

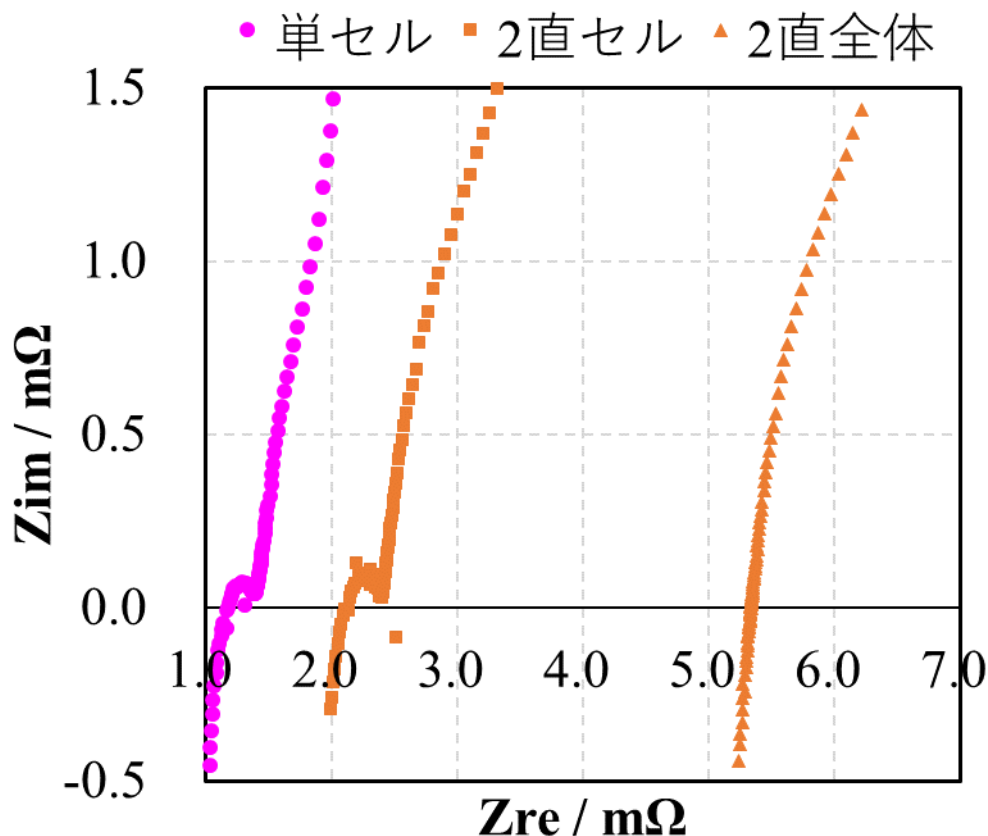


図 4-23 ナイキストプロット:構成比較(単セル、2直セル、2直全体)

図 4-23 より、2 直列の組電池において電池 2 直セルのみのナイキストプロットが x 軸と交差する点 2.1 mΩ から、通電抵抗体のある全体構成のナイキストプロットでは約 5.3 mΩ に移動しているとともに、円弧部分がほぼ確認できなくなっていることが確認できる。

抵抗成分がナイキストプロットの X 軸交点を平行移動させることは理論的に妥当であるが、円弧部分には影響を与えることは予想と異なる点である。

円弧サイズに関与する単セルの直列化のみでの影響を確認するため、図 4-24 に単セルと 2 直列セルのナイキストプロットを拡大して示す。電池の直列数を増すことだけでも、X 軸との交点が移動しているとともに、円弧部の大きさはやや大きくなっていることが確認できる。このため、実際の LiB パックにおいては通電部材等抵抗成分増加による X 軸交点の移動とともに、単セルを 48 直に増やすことによる円弧半径の拡大が期待できる。このため、電池の劣化特性を把握するため

のキャパシタンス成分、インダクタンス成分を分離可能で、通電部材の影響を電池特性から分離可能と推測できる。

しかし、実際の LiB パックにおける円弧部分への影響に関しては、今後単セルの直列数を 48 個程度まで増やした実試験を実施する必要があると考えている。

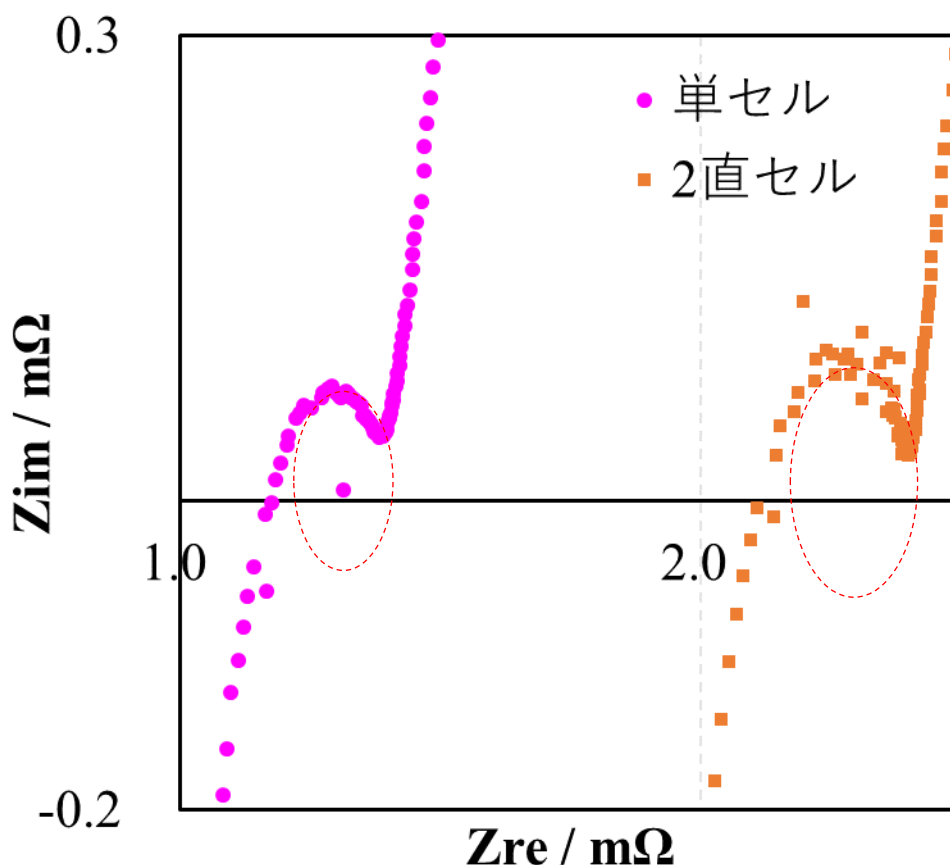


図 4-24 ナイキストプロット:構成比較(単セル、2直セル)

(5) 結論と今後の展開

本章では LiB パックの形態で劣化量を把握するため、組電池構成部材の内部抵抗測定値への影響を検討した。その結果、劣化量把握の短時間化が可能な内部抵抗法を、バスバーやケーブルなどで単セルを接続した組電池構成へも適用できる可能性を示した。

今後、LiB パック形態での選別時間短縮を実用化するためには、前述したとおり「通電部材」が劣化特性に与える影響を電池 48 直列の構成を用いて適用可否を確認していく必要がある。

さらに、「非通電部材(電池電圧監視回路など)」の回路を接続した実装構成への内部抵抗測定法での確認と実測での特性値確認が必要であると考えている。電池に接続されている非通電部

材は抵抗以外の成分を含む可能性があり、特に交流インピーダンス法で電池特性との分離が困難になると考えられ。しかし、非通電部材としての LiB 電圧均等化回路は抵抗を用いたパッシブ型が用いられることが多く、問題なく電池特性との分離が容易である可能性も高い。

(本編のまとめ)

従来の環境省委託事業でも²¹⁾、電池診断技術の必要性は指摘されており EV の走行距離や経過年から LiB パックの相関を把握する報告がなされている。

本編では解体され LiB パック単体で EV としての使用情報が入手できない状態で、劣化状態を短時間で把握する技術を検討している。その結果、回収した電池を応用するために必要な、次の技術を検討・構築し、その有効性を確認した。

①電池の劣化特性把握、②再利用用途での耐用年数予測、③劣化状態の短時間把握、④組電池での短時間劣化状態把握

今回は電池応用装置の開発に必要な基本技術²²⁾の構築と、電池特性の計測時間短縮化技術を検討したが、今後の展開としては計測時間だけでなく選別工程全体をみてのさらなる時間短縮や工程の削減に必要な技術開発を目指している。

例としては、特性値の計測前に必要な電池状態の調整時間を短縮する技術や、今後拡大する自動車の車種に対応するための電池特性試験の省力化などである。

内部抵抗の計測値は試験時の環境温度に依存するため、今回は環境温度を固定し温度状態を調整する前提で検討を進めた。今後、環境温度や SOC などを因子として考慮した短時間測定のための特性値測定とそのデータベース化を進め、実際に回収選別を事業化するまでには測定前の状態調整時間を削減することで、回収 LiB パック搬入から計測までのトータルでの時間削減を目指す。

Reference

- 1) 気象庁HP, 東京の平均気温,
[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_s.php?prec_no=44&block_no=47662
&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_s.php?prec_no=44&block_no=47662&year=&month=&day=&view=)
- 2) 気象庁HP, 日本の年平均気温偏差の経年変化,
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html
- 3) T. Iguchi, S. Ochiai, S. Kozono, K. Nitta, Y. Abe, and K. Kohno, *GS Yuasa Technical Report*, **11**, pp. 24 (2014).
- 4) Y. Kim and J. Lee, *ANNUAL CONFERENCE OF THE PROGNOSTICS AND HEALTH MANAGEMENT SOCIETY 2016*, pp. 1 (2016).
- 5) M. B. Pinson and M. Z. Bazant, *J. Electrochem. Soc.*, **160**, pp. A243 (2013).
- 6) M. Hu, J. Wang, C. Fu, D. Qin, and S. Xie, *Int. J. Electrochem. Sci.*, **11**, pp. 577(2016).
- 7) S. Yan, T. Meng, K.-H. Young, and J. Nei, *Batteries*, **3**, pp.38 (2017).
- 8) G. Rancilio, A. Lucas, E. Kotsakis, G. Fulli, M. Merlo, M. Delfanti, and M. Masera, *Energies*, **12**, pp.3312 (2019).
- 9) A. Okuyama and Y. Aoki, *ESPEC Technology Report*, **69**, pp.1 (2012).
- 10) 松田 好晴, 竹原 善一郎, “電池便覧 第三版”, 丸善株式会社, pp.172-227 (2001).
- 11) 社団法人 電気化学協会, “新しい電気化学”, 株式会社 培風館, pp.42-46 (1984).
- 12) R. Komiyama and H. Abe, *FB Technical News*, **58**, pp.9-13 (2002).
- 13) 逢坂哲彌／小山昇／大坂武男, “電気化学法 基礎測定マニュアル”, 株式会社 講談社サイエンティフィック, pp.60-83, pp.157-182 (1990).
- 14) 逢坂 哲彌, 小山 昇, “電気化学法 応用測定マニュアル”, 株式会社 講談社サイエンティフィック, pp.201-214 (1990).
- 15) 慶伊富長, “反応速度論 第3版”, 東京化学同人 (2001).
- 16) D. Zhang, B. S. Haran, A. Durairajan, R. E. White, Y. Podrazhansky, and B. N. Popov, *J. Power Sources*, **91**, pp.221 (2000).
- 17) Y. Zhang and C.-Y. Wang, *J. Electrochem. Soc.*, **156**, pp.A527 (2009).
- 18) 立花 和宏 監修, 野津 龍太郎, 「第6章 第1節 電気二重層キャパシタの測定と解析」, 技術情報協会 “インピーダンスの測定ノウハウとデータ解析の進め方”, pp.221-246 (2009).
- 19) B. Csomós, D. Fodor, and G. Kohlrusz, *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, **45**, pp.67-71 (2017).
- 20) A. Barai, K. Uddin, W. D. Widanage, A. McGordon, and P. Jennings, *Scientific Reports*, **8**, #21 (2018).
- 21) 株式会社オリエンタルコンサルタンツ, 「電池診断技術の適用によるEVリチウムイオン電池のライフサイクル最大化を目指したカスケードリユースモデル実証事業」, 平成28年度環境省委託事業, p. 3-25 (2016).

- 22) 加地 健太郎, 田中 謙司, 秋元 博路, 張 静, 今村 大地, 「リチウムイオン電池の劣化のモデル化に関する研究」自動車技術会論文集, 44巻2号(2013)

第 5 編 フィールド機検証

昨年度の実証事業では EV 急速充電器のアシスト電源として蓄電システムにリマニュファクチャリングする検証を実施した。今年度は、実用に即した EV 利用者の使用方法における系統電力抑制効果を検証するため、リユース蓄電池付き EV 急速充電器のフィールド機(以下、フィールド機)を開発し検証実験を行った。本編では、フィールド機検証に関する以下の項目について詳細を報告する。

- フィールド機の開発(仕様検討、設計、設置)
- フィールド機へ搭載するリユース蓄電池検査方法
- フィールド機の系統電力抑制効果実証実験

第 1 章 フィールド機構想

(1) フィールド機構想

1) LiB パックの構成・寸法

本実証実験で使用する HEV 用の LiB パックは、昨年度と同じ型式の LiB パックを継続して採用した。LiB パック構造は、12 セルが直列接続されたものを 1 モジュールとし、4 モジュールが直列接続され、合計 48 セルで構成されている。満充電時の電圧は、 $4.2V \times 48 \text{セル} = 201.6V$ となる。LiB パックの主な仕様を表 5-1、LiB パックの外観写真と寸法を図 5-1 に示す。

表 5-1 LiB パックの主な仕様

項目	仕様(仕様値)
重量	40kg
大きさ	W703mm × D545mm × H216.5mm
電解液容量	2.0L
構成	モジュール(48 セル)
容量	0.86kWh ※新品時 (最大蓄電電力容量 25°C 初期値)
定格電圧	173V
電圧範囲	120V～201.6V

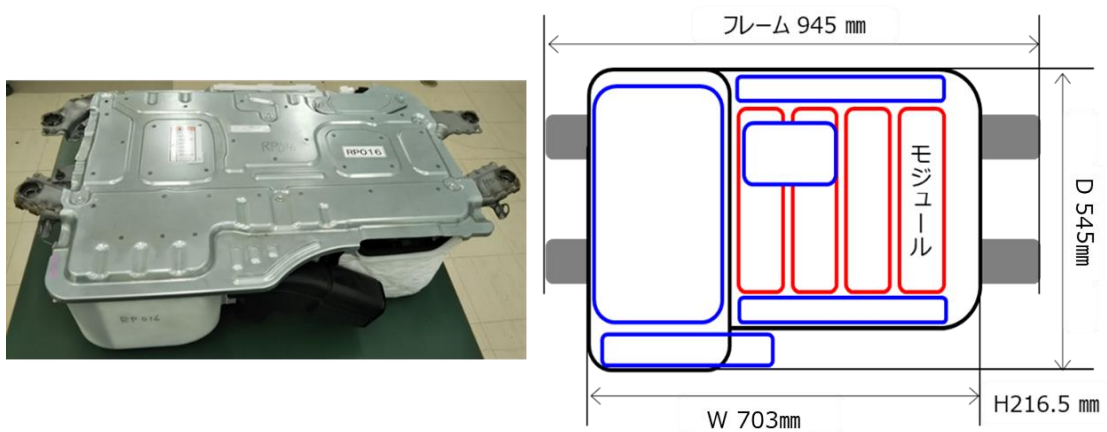


図 5-1 LiB パックの外観写真と寸法

2) フィールド機システム概要

フィールド機のシステム構成図を図 5-2 に示す。

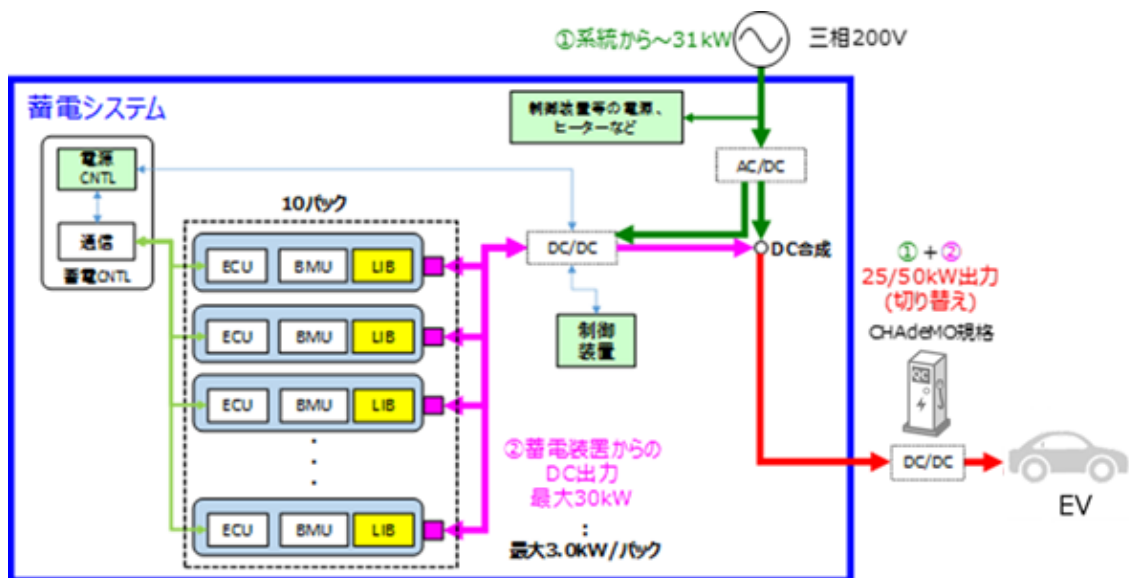


図 5-2 フィールド機システム構成図

昨年度のテストシステム機からのフィールド機の主な変更点を以下に示す。

- 急速充電器出力アップ(25kW⇒50kW)
- アシスト電力アップ(5kW@LiB パック 4 個⇒30kW@LiB パック 10 個)
- LiB パック交換時の安全性 & 作業性向上(交換用リフター対応、接続のハーネス化)
- LiB パック格納用筐体の小型化(筐体内部のレイアウト最適化)
- 屋外設置対応(防水構造)
- 温度対応(電池を含む装置冷却用ファンと電池専用ヒーターの追加)
- 安全機能(異常発生時のエラー送信機能、火災発生時の自動消火システムなど)

フィールド機で実施した上記項目に対し、具体的に行った仕様検討と設計内容について説明す

る。まず EV 急速充電器で最も重要な出力電力について説明する。第 2 編の「ビジネスモデルの精緻化」でも述べたように、今後は EV の車載電池の大容量化に伴い、50kW 以上の出力を備えた EV 急速充電器が主流となってくることから、最大出力を 50kW と決定した。

次に 50kW の出力を実現するためにフィールド機へ引き込む系統電力を検討した。系統電力は、低圧による契約電力の制約により、フィールド機を含む対象契約範囲内の設備で消費する電力を 50kW 未満に抑える必要があるため、極力低くすることが好ましい。しかし、EV 急速充電器としてはアシスト電力を使い切ってしまった場合、EV への充電を系統電力のみで行う必要があるため、系統電力が低すぎるとアシスト電力切れが発生した場合の充電時間が長くなるという問題がある。これらの制約を考慮し、系統電力は 31kW と決定した。31kW の内訳は、系統電力のみで EV へ充電するための電力を 25kW、系統電力のみで充電を行っている間に次の充電に備えて補充電を行うための余剰電力を 3kW、フィールド機自体を動かすための電力を 3kW とした。

最後に残りのアシスト電力 25kW を供給するための LiB パック数量の検討を行った。1 パック当たりの出力電力が 3kW のため、25kW 出力に必要な最低数量は 9 パックとなる。さらに、1 つのパックに故障が発生した場合でも故障パックを切り離して動作を継続できるように、予備のパックを 1 つ追加し、アシスト用の LiB パック数量は合計 10 パックとした。10 パックのアシスト電力量は 7.0kWh となり、50kW 出力(系統電力 25kW+アシスト電力 25kW)で EV 充電を行った場合のアシスト充電が可能な時間は理論上 16.8 分となる。この時間は EV 充電で広まり始めている継ぎ足し充電時間(10～15 分)を満足できる。

LiB パックを格納するための筐体は、電池交換用治具(リフター)での交換が可能なレール構造の採用と筐体内部のレイアウト最適化により、電池交換作業の安全性の向上と筐体サイズの小型化を実現した。

装置設置場所が屋外設置を前提としていることから、装置上部に屋根を設置し盤間をシール材で覆うことで防水構造とした。夏場の高温動作時に装置温度を下げるため各所に冷却用のファンを設置し、冬場の低温動作時に電池温度を安定動作可能な温度まで上昇させるための電池用ヒーターも新たに設置した。

その他、異常発生時に備えネットワーク経由のエラーメッセージ管理者へ送信する機能や LiB パックからの出火に備え自動消火システムも新たに設置した。

フィールド機の仕様を昨年度のテストシステム機と比較し、表 5-2 から表 5-8 に示す。

表 5-2 EV 急速充電器

項目	仕様	
	フィールド機	テストシステム機
構造	閉鎖形(IP34)	閉鎖形(IP34)
外形サイズ	W292 × D881 × H1699 mm	W292 × D592 × H1699 mm
容積	437L	294L
定格出力	50kW(系統 25kW+アシスト 25kW)	25kW(系統 20kW+アシスト 5kW)
定格電圧	DC450V	DC450V
出力電圧範囲	DC50～450V	DC50～450V
出力電流範囲	DC0～125A	DC0～62A
入力方式	直流入力	交流入力
入力電圧	DC310V～420V	三相 3 線式 AC202V
入力電力	58kW	30kVA
冷却方法	強制空冷	強制空冷
概算重量	210 kg	145 kg
CHAdeMO 規格	1.0	1.0.1

表 5-3 蓄電装置 パワーコンディショナー

項目	仕様	
	フィールド機	テストシステム機
構造	閉鎖形(IP33)	閉鎖形(IP20)
設置場所	屋外設置	屋内 ※室内使用に対応した安全構造
外形サイズ	一体構造 : W4,450xD819xH2,135 mm ※突起部除く	蓄電池盤 : W1,390xD1,100xH1,893 mm 充放電盤 : W1,714xD740xH1,930 mm
冷却方法	強制空冷	強制空冷
ヒーター	有り(各蓄電池盤に設置)	無し
消火機構	有り(ファイヤーイレース)	無し
概算重量	総重量…2,875kg <内訳> ・接続盤+屋根…270kg+25kg ・ACDC 盤+屋根…795kg+35kg ・DCDC 盤+屋根…390kg+25kg ・蓄電池盤①+屋根…585kg+35kg ・蓄電池盤②+屋根…585kg+35kg ・チャンネルベース…95kg(50kg+45kg)	総重量 1,600 kg <内訳> 充放電盤 : 約 1,000 kg 蓄電池盤 : 約 600 kg)

	・蓄電池(10pack)・・・400kg(40kgx10)	
入力方式	交流入力	交流入力
入力仕様	三相 3 線式 AC202V(31kVA)	三相 3 線式 AC202V
出力方式	直流出力	交流出力
出力仕様	DC310V～420V(58kW)	AC202V
蓄 LiB パック交換	個別にリユース LiB パック交換可能 ※専用治具(リフター)による交換に対応	個別にリユース LiB パック交換可能
蓄電池容量	7.0kWh (0.70kWh x 10 パック) ※0.70kWh はリユース蓄電池想定値	3.44kWh (0.86kWh x 4 パック) ※0.86kWh は新品電池想定値

表 5-4 リユース LiB パック単体の詳細

項目	仕様	
	フィールド機	テストシステム機
重量	変更なし	40 kg
大きさ	変更なし	W703 mm × D545 mm × H216.5 mm ※フレーム 4 カ所に取り付け穴あり
容量	0.70kWh ※リユース電池想定電力容量	0.86 kWh ※最大蓄電電力容量 25 °C (初期値)
定格電圧	変更なし	173 V
電圧範囲	変更なし	120 V～201.6 V
保護用最高/最低電圧	変更なし	最高電圧: 200 V 最低電圧: 144 V ※セル電圧としては 3.0 V～4.2 V の範囲で使用する
定格入出力電力	変更なし	充電時: 約 18 kW 放電時: 約 20 kW ※SOC50 %
最大入出力電流	昨年から変更なし	充電時: 200 A 放電時: 140 A

3) EV 急速充電システムの制御・通信

表 5-5 EV 急速充電器

項目	仕様	
	フィールド機	テストシステム機
EV 充電器仕様	昨年から変更なし	EV 充電器からの最大出力電圧は DC450 V とする。

表 5-6 蓄電装置 パワーコンディショナー

項目	仕様	
	フィールド機	テストシステム機
系統電力と蓄電電力	系統電力とリユース LiB パックからの出力は DC で合成され、EV 急速充電器に入力される。	系統電力とリユース LiB パックからの出力は AC で合成され、EV 急速充電器に入力される。
蓄電装置のリユース LiB パック数	リユース LiB パックを 10 台並列接続可能とする。	リユース LiB パックを 4 台並列接続可能とし、0~4 パックで任意接続可能とする。
充電・放電制御	複数のリユース LiB パックを並列接続し、全パック共通の電圧範囲を設定し充放電ができる機能を有する。充放電時はリユース LiB パックの電圧設定値以外(パックへの充放電電力など)は装置内で自動的に調整される。	複数のリユース LiB パックを並列接続して全体の電圧範囲、電流上限を設定した充放電ができる機能を有する。充放電時の入出力電流、充放電電圧範囲を可変して設定可能である。
蓄電装置からのアシスト給電電力	並列接続されたリユース LiB パックの合成電流を制御することでアシスト給電電力を調整する。アシスト給電電力は車両からの要求電力に対し、系統電力(約 28kW)からの不足分を供給するように自動調整される。アシスト電力は 10 パックからの電力合計で最大 30kW(3.0kW/パック)となる。	リユース LiB パック個々に流れる電流を制限できる機能を有する。4 パックからの電力合計で 5 kW(1.25 kW/パック)
蓄電装置への補充電電力	並列接続されたリユース LiB パックに流れる合成電流を制限することで補充電電力を調整する。充電が行われていない場合や、車両への供給電力が系統電力を下回った場合はリユース	リユース LiB パック個々に流れる電流を制限できる機能を有する。急速充電を行っていないとき、設定された閾値を下回っている場合、リユース LiB パックへ補充電する。

	LiB パックへ補充電する。	
EV 充電中の蓄電池充電動作	EV への充電電力に対して、系統から供給する電力に余裕がある場合には、蓄電装置へ補充電を行う機能を有する。補充電電力の上限は系統電力値上限の 28kW となる。	EV への充電電力に対して、系統から供給する電力で設定した上限値に余裕がある場合には、蓄電装置へ充電を行う機能を有する。充電電力最大 5 kW

表 5-7 リユース LiB パック

項目	制御内容	
	フィールド機	テストシステム
CVS およびバッテリー ECU	昨年から変更なし	リユース LiB パックの CVS およびバッテリー ECU からリユース LiB パックの状態とシステム異常信号等を取得し、制御は上位の制御装置で行う。

※: CVS(Cell Voltage Sensor: 以下 CVS)、バッテリー ECU(Electronic Control Unit: 以下 ECU)

4) 設定パラメータ

操作パネルを用いて、以下の 4 つの項目が設定可能となっている。各項目の設定値と役割を表 5-8 に示す。

表 5-8 通常の運転条件設定項目

設定項目	説明
最大セル電圧設定値	セル電圧の上限設定値。LiB パックへ充電が行われている間、全セル電圧の最大値を監視し設定値を超えないように充電動作を制御する。 (安全上の最大値: 4000mV)
50kW⇒25kW 切替閾値	セル電圧の下限設定値。判定は全セル電圧の最小値で行われ、LiB パックから放電(アシスト充電)中にセル電圧がこの閾値に達すると、アシスト充電動作が停止し、アシスト有の 50kW モードから系統電力のみの 25kW モードへの切り替えが行われる。 ※切替発生時は充電動作が停止し、モード切替(50kW から 25kW)のみが行われ自動での再充電は行わない。 (安全上の最小値: 3000mV)
25kW⇒50kW 切替閾値	セル電圧が「50kW⇒25kW 切替閾値」に達し、25kW 充電モードへ切替

	<p>後、補充電によりセル電圧が本閾値「25kW⇒50kW切替閾値」を超えた場合、急速充電器充電電力が 25kW から 50kW へ復帰する。</p> <p>充電電力の切り替えは、充電動作中には行われず 25kW の充電が停止後行われる。閾値の判定は平均セル電圧で行われる。</p>
EV への充電制限時間	<p>設定された時間充電が経過すると充電動作が停止する。急速充電器側でも充電時間が設定可能で、充電停止はどちらかの短く設定された時間で行われる。</p>

(2) フィールド機用 LiB 特性評価

1) リユース LiB パックの検査方法設定

前記フィールド機構想に記載のリユース LiB パックの運用を満足するために、リユース LiB パックは次のように正常に稼働しなければならない。

- ①一定の電圧範囲にあり、一定の蓄電電力量を得るものである必要がある
- ②電力端子から電気の授受ができるようにパック内部に装備されたスイッチ(電磁開閉器)が正常に ON/OFF できなければならない
- ③各セルの充電状態を均一化するために、CVS が正常に機能しなければならない
- ④各セルの電圧を検知するために、CVS が正常に機能しなければならない
- ⑤電力値や電流値を検知するために、ECU が正常に機能しなければならない
- ⑥上記の検知データを授受するための通信回路が正常に機能しなければならない

回収したリユース LiB パックのこれらの正常性を判断するために、昨年度の実証において検査フローと検査フローに準じたチェックリスト案を作成し報告している。今年度は検査フローに準じてリユース LiB パックを評価した結果を報告する。

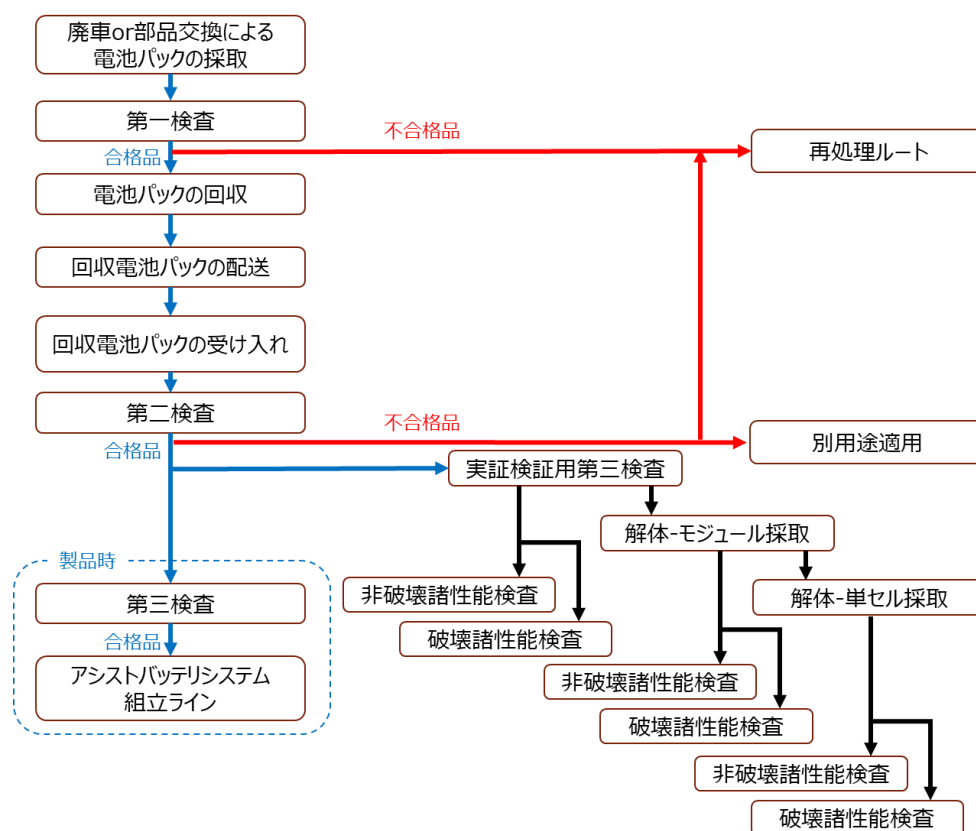


図 5-3 リユース LiB パック回収～検査フロー

2) 第一検査

第一検査は解体業者・カーディーラー・整備工場等で実施可能な検査として、リユースに必要な部品の有無確認を含む外観検査のみ設定した。今回の実証では解体業者からリユース LiB パックを調達しているが、ECU や CVS 等主要パーツの欠損や、外形が著しく破損したものは見受けられなかった。そのため暫定的に合格率 100%という結果が得られた。

3) 第二検査

第二検査はリユース LiB パックが正常に動作するかを目的とし、診断機や検査装置等が必要となる実動作を確認する検査を実施した。これらはリコーの回収物流拠点(グリーンセンター)やリユース・リサイクル事業所(御殿場リコーリユース・リサイクルセンター)での検査を想定しており、検査不合格品からの部品取りや別用途適用も同拠点にて対応可能である。

表 5-9 検査項目概要

	項目	検査方法	判定基準
外観	主要パーツ有無	パーツリスト照合	欠損が無いこと
	形状	目視	変形や破損が無いこと
絶縁	端子間絶縁	導通検査	導通が無いこと
	筐体-端子間絶縁	導通検査	導通が無いこと
動作	FAN	動作検査	異音など異常動作が無いこと
	ECU	CAN通信検査	通信異常が無いこと
	CVS	電圧精度検査	外部標準機と差異が0.1V未満
	J/B	動作検査	異音など異常動作が無いこと

表 5-10 パーツリスト(一部抜粋)

NO.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
管理情報	所在地	静岡県	長野県	岡山県	北海道	北海道	埼玉県	高知	静岡	福島	鹿児島
	年式	2013年10月	2013年10月	2013年9月	2014年2月	2015年3月	2013年12月	2014年3月	2015年3月	2014年6月	2013年10月
	走行距離 [km]	22,716	89,374	57,845	81,437	44,938	36,913	84,219	75,654	49,737	23,099
BATTERY	MODULE ASSY 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	MODULE ASSY 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	MODULE ASSY 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	MODULE ASSY 4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
FAN	FAN ASSY	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	DUCT	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
IPU	IPU CASE	○	○	○	○	○	○	× 変形	○	○	○
	IPU COVER	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	IPU FRAME	○	○	○	○	× 変形	○	○	○	○	○
J/B	J/B ASSY	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	J/B COVER	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SERVICE PLUG	SERVICE PLUG ASSY	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SERVICE PLUG LID	○	○	○	× 欠損	○	○	× 欠損	○	○	○

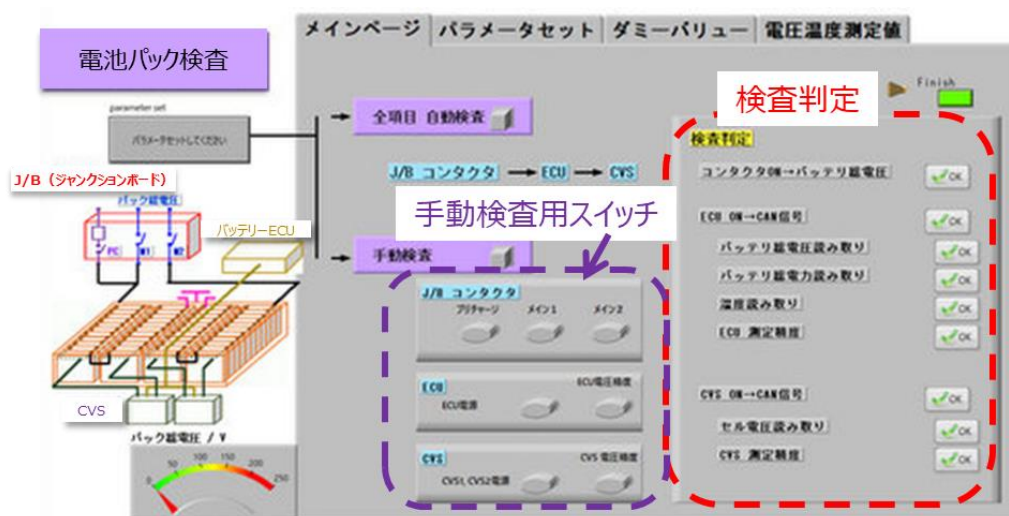


図 5-4 検査プログラムの操作画面の一例 ※詳細昨年度報告書参照

本実証事業では計 34 個のリユース LiB パックを入手し第二検査を実施した。第二検査の検査合格率は以下の通りである

表 5-11 第 2 検査合格率

	項目	検査方法	判定基準	合格率 [%]
外観	主要パーツ有無	パーツリスト照合	欠損が無いこと	94
	形状	目視	変形や破損が無いこと	97
絶縁	端子間絶縁	導通検査	導通が無いこと	100
	筐体－端子間絶縁	導通検査	導通が無いこと	100
動作	FAN	動作検査	異音など異常動作が無いこと	91
	ECU	CAN通信検査	通信異常が無いこと	100
	CVS	電圧精度検査	外部標準機と差異が0.1V未満	100
	J/B	動作検査	異音など異常動作が無いこと	97

上表は検査項目毎の合格率であり、全項目合格となったリユース LiB パックは 34 個中 28 個 (合格率 82.4%)となった。不合格の内訳としては FAN の破損及び動作不良がもっとも多い 3 件、J/B の動作不良 1 件、外装カバー(IPU CASE)の変形 1 件、主要パーツ(サービスプラグ)欠損 1 件となった。

また、ボルトなど正常動作に支障のない部品の欠損も、合格品 28 件中 5 件認められている。第 2 検査の不合格品からの部品取りと再組み立てを実施することで、事業採算性を改善していくことが重要である。最も破損および欠損が多かった事例を以下に図示する。



図 5-5 LiB パック破損事例

不合格箇所は外装カバー(IPU CASE)変形、FAN 動作異常の 2 項目。正常動作に支障のない部品としてはサービスプラグ用蓋の欠損が見られた。CVS や J/B など他主要パーツの動作異常は無く、後述の第 3 検査でも問題は認められなかった。当該リユース LiB パック単体で検査すると不合格となるが、部品回収は十分に可能であることが示唆される。

3) 第三検査

第三検査はリユース LiB パックの特性評価であり、最終的なリユース LiB パックの合否判定を行う検査となる。評価方法や判定基準は昨年度の報告書記載事項から変更が無いため、本書での報告は割愛する。昨年度の課題となっていた N 増し評価の結果について報告する。尚、第二検査よりも検体数が減少している理由は検査フローの非破壊書性能検査、具体的には前述した選別技術開発に供したためである。

表 5-12 新品およびリユース LiB パックの容量と内部抵抗測定結果

蓄電池パック	電力量 [Wh]			内部抵抗 [mΩ]		走行距離 [km]	年式	所在地
	充電	放電	効率[J%]	充電	放電			
新品	820	772	94.1	240	101	0	-	-
使用済み	1	784	723	92.2	136	76	22,716	2013年10月 静岡県
	2	739	721	97.6	209	148	89,374	2013年10月 長野県
	3	768	731	95.2	133	88	57,845	2013年9月 岡山県
	4	780	743	95.3	237	132	81,437	2014年2月 北海道
	5	809	774	95.7	290	143	44,938	2015年3月 北海道
	6	763	734	96.2	315	153	36,913	2013年12月 埼玉県
	7	745	715	96.0	118	74	84,219	2014年3月 高知
	8	800	772	96.5	126	74	75,654	2015年3月 静岡
	9	772	744	96.4	134	74	49,737	2014年6月 福島
	10	775	746	96.3	133	67	23,099	2013年10月 鹿児島
	11	791	762	96.3	134	70	52,907	2015年3月 石川
	12	764	737	96.4	102	71	59,741	2015年5月 愛知
	13	766	739	96.5	105	75	23,835	2018年3月 愛知
	14	778	749	96.2	108	68	18,534	2013年9月 愛知
	15	780	739	94.7	112	72	87,941	2015年9月 京都
	16	779	751	96.4	100	70	52,194	2013年10月 京都
	17	781	750	96.0	105	71	28,853	2013年12月 静岡
	18	774	746	96.4	91	66	39,483	2015年2月 三重
	19	739	714	96.7	97	66	63,238	2018年8月 北海道
	20	741	717	96.7	99	77	89,951	2014年4月 埼玉
	21	805	765	95.0	99	66	165,923	2014年4月 埼玉
	22	767	740	96.5	98	72	143,260	2013年11月 埼玉
	23	740	711	96.1	108	74	77,389	2014年5月 埼玉
	24	744	716	96.2	103	69	117,278	2014年2月 埼玉
	25	765	738	96.5	111	68	146,157	2014年1月 埼玉
	26	759	729	96.0	96	69	210,035	2014年3月 埼玉
	27	774	730	94.3	104	70	42,111	2014年2月 北海道
平均	770	738	95.9	133	82	73,510	-	-
最大	809	774	97.6	315	153	210,035	-	-
最小	739	711	92.2	91	66	18,534	-	-
変動係数	2.5	2.4	1.0	44.1	32.4	64.8	-	-

新品及び No.1~6 は昨年度報告済み

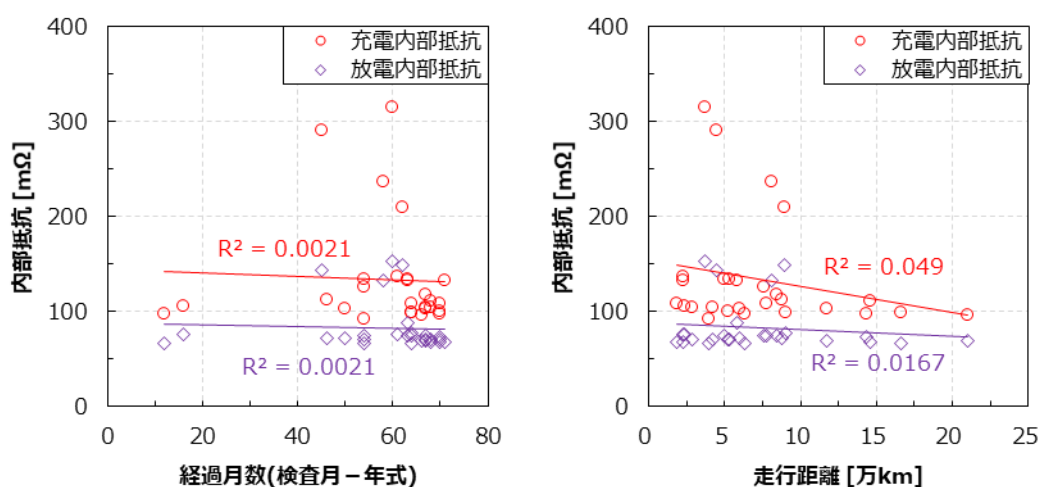


図 5-6 車輛登録からの経過月数および走行距離に対する内部抵抗

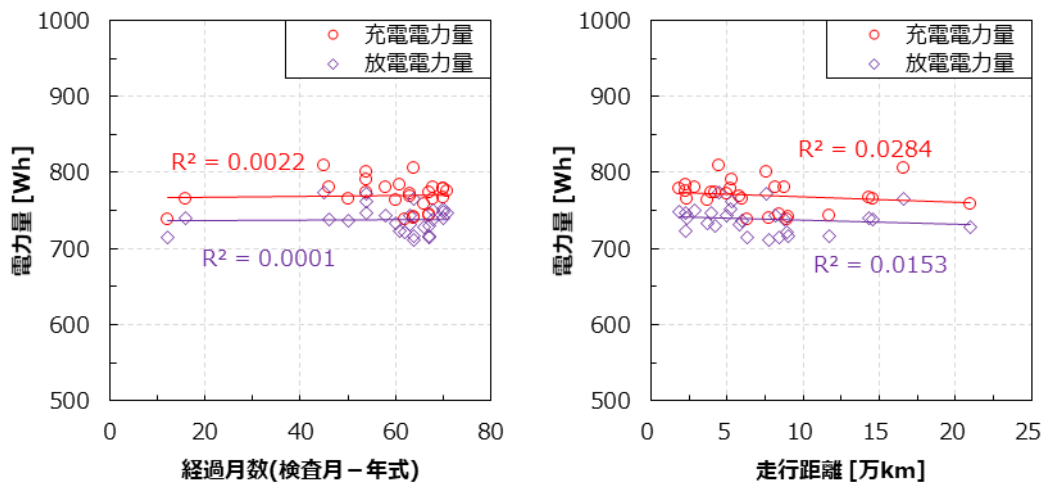


図 5-7 車輛登録からの経過月数および走行距離に対する電力量

内部抵抗と電力量は共に、走行距離および経過年数との関連性は殆ど認められなかった。昨年度の実証では走行距離に応じて放電内部抵抗が上昇する傾向が見られたが、走行距離が 20 万 km 以上の LiB パックでも放電内部抵抗の顕著な上昇は認められなかった。

解体業者で管理している情報は走行距離と年式のほかには所在地、車輛情報(型式、装備、車台番号)、解体業者管理項目(管理番号、在庫番号)など LiB パック特性とは一概に関連付けられるものではない。引き続きリユース LiB パックの評価解析を継続し、第一検査の段階である程度の特性予測が出来る仕組みづくりが必要である。

4) アシストバッテリーシステム組立ライン

フィールド機構想ではリユース LiB パックに各機器を制御するハーネス類を組み込んだ蓄電池ユニットとして設計している。昨年度実証機は LiB パック内での結線が必要であり、LiB パックの交換作業に適した設計が出来ていなかった。フィールド機では各種ハーネスのコネクタを LiB パックの外側に露出させ、コネクタを介して接続することで LiB パックの交換作業効率改善を図った。LiB パックに求める機能は①～⑥から変わらないが、ハーネス類を組み込んだ状態で検査を実施した。

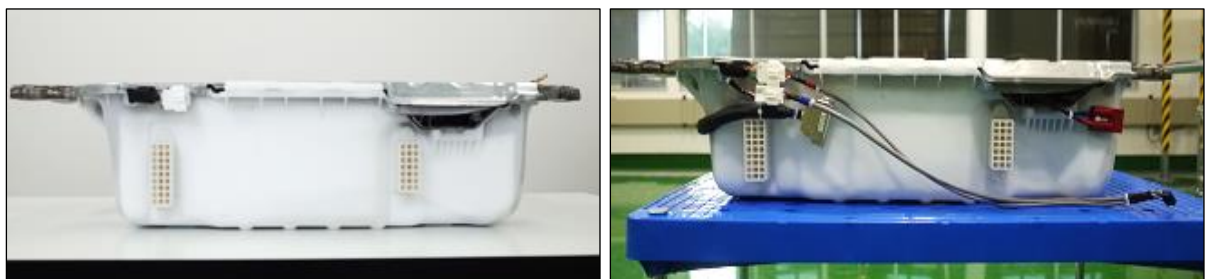


図 5-8 LiB パック(左図)およびハーネス組み込み蓄電池ユニット(右図)

(3) フィールド機に係る法令及び設置工事

1) 関連法規

リコー環境事業開発センター(静岡県御殿場市)に設置した事例を用いてフィールド機設置に係る法規制や条例に関して報告する。

LiB パック内の電解液は消防法の危険物第 4 類第 2 石油類非水溶性に分類される。アシストバッテリーとして使用する LiB パック数(危険物保管量)によっては届出や監理が必要となる。今回フィールド機に搭載した LiB パックは 10 個であり、電解液使用量は約 2L/パックである。この場合の指定数量を算出すると、 $(10 \text{ パック} \times 2\text{L/パック})/1000\text{L} = 0.02$ となり、指定数量未満の危険物貯蔵に該当するが、消防法令¹⁾に基づく届出や危険物施設基準の準拠が必要とはならない。指定数量未満の危険物等の貯蔵又は取扱いの技術上の基準は、市町村条例でこれを定めており(消防法 第 9 条の 3)、御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例では以下のように定められている。

(御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例)^{2,3)}

第 4 章 指定数量未満の危険物及び指定可燃物の貯蔵及び取扱いの技術上の基準等

第 1 節 指定数量未満の危険物の貯蔵及び取扱いの技術上の基準等

(指定数量未満の危険物の貯蔵及び取扱いの基準)

第 30 条 法第 9 条の 4 の規定に基づき危険物の規制に関する政令(昭和 34 年政令第 306 号)で定める数量(以下「指定数量」という。)未満の危険物の貯蔵及び取扱いは、次に掲げる技術上の基準によらなければならない。

- (1) 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所においては、みだりに火気を使用しないこと。
- (2) 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場所においては、常に整理及び清掃を行うとともに、みだりに空箱その他の不必要な物件を置かないこと。
- (3) 危険物を貯蔵し、又は取り扱う場合においては、当該危険物が漏れ、あふれ、又は飛散しないように必要な措置を講ずること。
- (4) 危険物を容器に収納して貯蔵し、又は取り扱うときは、その容器は、当該危険物の性質に適応し、かつ、破損、腐食、さけめ等がないものであること。
- (5) 危険物を収納した容器を貯蔵し、又は取り扱う場合においては、みだりに転倒させ、落下させ、衝撃を加え、又は引きずる等粗暴な行為をしないこと。
- (6) 危険物を収納した容器を貯蔵し、又は取り扱う場合においては、地震等により容易に容器が転落し、若しくは転倒し、又は他の落下物により損傷を受けないよう必要な措置を講ずること。

第 31 条以降に指定数量の 1/5 以上、即ち少量危険物取扱いに係る規制について記載があるが、今回取り扱う危険物は指定数量の 1/50 であるため割愛する。以上のことから御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例に記載されている安全上の基準を遵守することでフィールド機を設置運用可能であることが分かった。

更に、フィールド機の設備としては火災予防条例第 11 条の 2 急速充電設備に該当し、御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例では以下のように定められている。

(御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例)^{2,3)}

第 11 条の 2 急速充電設備(電気を設備内部で変圧して、電気を動力源とする自動車等(道路交通法(昭和 35 年法律第 105 号)第 2 条第 1 項第 9 号に規定する自動車又は同項第 10 号に規定する原動機付自転車をいう。以下この条において同じ。))に充電する設備(全出力 20 キロワット以下のもの及び全出力 50 キロワットを超えるものを除く。)をいう。以下同じ。)の位置、構造及び管理は、次に掲げる基準によらなければならない。

- (1) その筐体は不燃性の金属材料で造ること。
- (2) 堅固に床、壁、支柱等に固定すること。
- (3) 雨水等の浸入防止の措置を講ずること。
- (4) 充電を開始する前に、急速充電設備と電気を動力源とする自動車等との間で自動的に絶縁状況の確認を行い、絶縁されていない場合には、充電を開始しない措置を講ずること。
- (5) 急速充電設備と電気を動力源とする自動車等が確実に接続されていない場合には、充電を開始しない措置を講ずること。
- (6) 急速充電設備と電気を動力源とする自動車等の接続部に電圧が印加されている場合には、当該接続部が外れないようにする措置を講ずること。
- (7) 漏電、地絡及び制御機能の異常を自動的に検知する構造とし、漏電、地絡又は制御機能の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させる措置を講ずること。
- (8) 電圧及び電流を自動的に監視する構造とし、電圧又は電流の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させる措置を講ずること。
- (9) 異常な高温とならないこと。また、異常な高温となった場合には、急速充電設備を自動的に停止させる措置を講ずること。
- (10) 急速充電設備を手動で緊急停止させることができる措置を講ずること。
- (11) 自動車等の衝突を防止する措置を講ずること。
- (12) 急速充電設備のうち蓄電池を内蔵しているものにあつては、当該蓄電池について次に掲げる措置を講ずること。
ア 電圧及び電流を自動的に監視する構造とし、電圧又は電流の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。
イ 異常な高温とならないこと。また、異常な高温となった場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。
- (13) 急速充電設備の周囲は、換気、点検及び整備に支障のないようにすること。
- (14) 急速充電設備の周囲は、常に、整理及び清掃に努めるとともに、油ぼろその他の可燃物をみだりに放置しないこと。

2 前項に規定するもののほか、急速充電設備の位置、構造及び管理の基準については、前条第 1 項第 2 号、第 5 号、第 8 号及び第 9 号の規定を準用する。

上記御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例の記載事項は広く認知されており、他の自治体でも概ね同様の技術基準が記されている。フィールド機はこれら技術基準に準拠するものとして設計した。詳細は前記フィールド機構想を参照されたい。また、第 13 条に蓄電池設備に係る規制が記されているがフィールド機の定格容量と電槽数の積の合計は 4,800 アンペアアワー・セル未満であることから非該当となる。

2) 電力会社との接続検討および系統連系契約

本フィールド機は蓄電池を有することから発電設備として扱われる。発電設備または需要設備を6kVの高圧系統あるいは200V/100Vの低圧系統へ連系する際には、設置場所を管轄する電力会社等の定める系統アクセスルール⁴⁾に基づいた各種手続き等が必要となる。

フィールド機は2台とも東京電力ホールディングス株式会社の管轄内(東京電力エリア)に設置するため、東京電力パワーグリッド株式会社の系統アクセスルールに則り、接続検討と系統連系契約(高圧)を経て運用を開始した。契約までの大まかな流れを下図に示す。

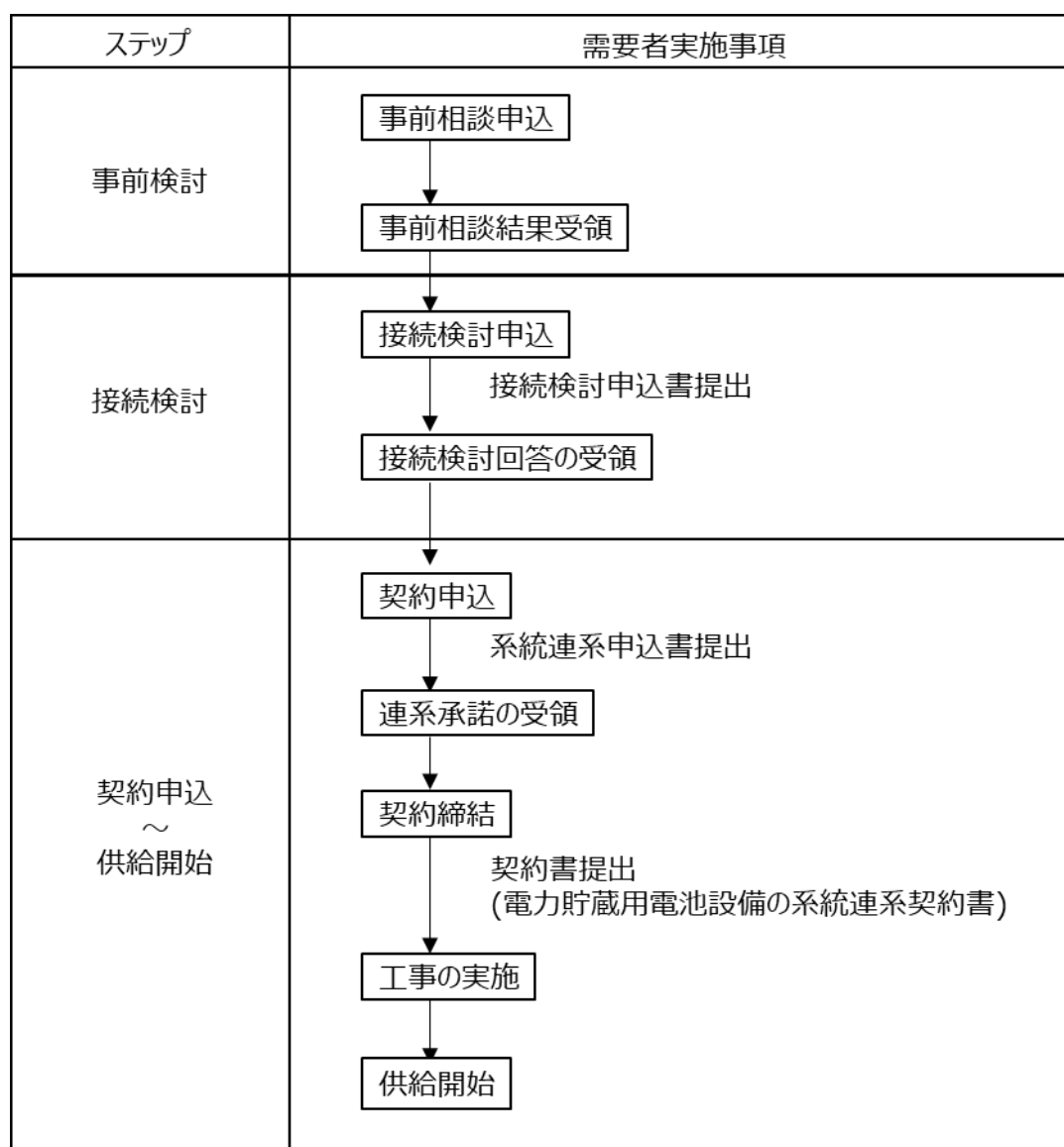


図 5-9 系統連系契約までの流れ

3) 設置工事

フィールド機は同仕様で2台製作し、リコー環境事業開発センター⁵⁾および海老名の複合商業施設⁶⁾にそれぞれ設置し実証試験に供した。

●リコー環境事業開発センター(静岡県御殿場市駒門 1-10)



全体図



急速充電器



蓄電システム

図 5-10 フィールド機外観(リコー環境事業開発センター)

前記火災予防条例準拠のため、以下の対策を実施した。

- ・急速充電器および蓄電システムは基礎コンクリートへのアンカーボルト固定
- ・ケーブル類は全て埋設処理、入線箇所は塞ぎ板とパテ埋め
- ・自動車等の衝突を防止するための車輪止めおよびポールを設置
- ・フィールド機の周囲に1m以上の空地を設けた

●複合商業施設(神奈川県海老名市扇町)



全体図



蓄電システム



急速充電器

図 5-11 フィールド機外観(当該施設の屋上駐車場)

前記火災予防条例準拠のため、以下の対策を実施した。

- ・急速充電器および蓄電システムは基礎コンクリートへのアンカーボルト固定
- ・ケーブル類は全て埋設処理、入線箇所は塞ぎ板とパテ埋め
- ・自動車等の衝突を防止するため急速充電器には車輪止めおよびポールを設置
- ・蓄電システムは施錠管理されたフェンス内に設置
- ・フィールド機の周囲に 1m 以上の空地を設けた

当該施設では施設利用者が自由に利用できるようフィールド機を一般開放することで、フィールドビリテスタディを実証した。第 2 編ビジネスモデルの精緻化にて調査結果を報告しているので、詳細は当該項目を参照願いたい。

第 2 章 EV 急速充電器へのアシスト動作の実証

(1) 試験車両と EV 電池残容量

1) 試験車両

実証実験に用いた試験車両情報を表 5-13 に示す。試験車両はバッテリー容量の異なる 3 車種を選定した^{7,8,9)}。

表 5-13 試験車両情報

車種名		e-NV200	リーフ(旧型)	リーフ(新型)
グレード		ワゴン G(7 人乗)	30S	e+ X
車名型式		MI ZAA-ME0	ZAA-AZE0	ZAA-ZE1
駆動用バッテリー	種類	リチウムイオン電池	←	←
	総電圧	360 V	360V	350V
	総電力量	24kWh	30kWh	62kWh

2) EV 電池残容量

実証実験では電池残量 20%と 50%の 2 条件で実験を実施した。電池残量 20%からの充電実験は、ガソリン車で一般的に行われているガソリン(電気)がぎりぎりまで減ってから給油(充電)を行う利用者を想定。電池残量 50%からの充電実験は、EV で推奨されている充電方法(継ぎ足し充電)を行う利用者を想定。各車種で各実験を行う際の電池残量を表 5-14 に示す。

表 5-14 実験時の各車両電池残量

車種名		e-NV200	リーフ(旧型)	リーフ(新型)
グレード		ワゴン G(7 人乗)	30S	e+ X
車名型式		MI ZAA-ME0	ZAA-AZE0	ZAA-ZE1
電池残量	20% (空き容量)	4.8kWh (19.2kWh)	6kWh (24kWh)	12.4kWh (49.6kWh)
	50% (空き容量)	12kWh (12kWh)	15kWh (15kWh)	31kWh (31kWh)

(2) アシスト動作実証実験①(低容量バッテリー車)

1) 目的

バッテリー容量が比較的少ない EV(PHEV を含む)に対するアシスト動作の有効性(系統電力の抑制効果)を検証する。

2) 試験方法

あらかじめ試験車両を目標の電池残容量(20%と50%)にし、アシスト動作有り(50kW出力)とアシスト動作無し(25kW出力)でEVへ充電を行う。各所に設置したセンサ(電圧計、電流計)取得値より主要経路の電力値を算出する。EV充電状況はCAN経由で急速充電器経由より取得する。

3) 試験条件

MI ZAA-ME0(e-NV200)で実施した試験条件を表 5-15 に示す。

表 5-15 MI ZAA-ME0(e-NV200)試験条件

項目	内容
試験車両	MI ZAA-ME0(e-NV200)
バッテリー総電力量	24kWh
試験開始時 EV 電池残量 (空き電池残量)	開始電池残量 20%…4.8kW(19.2kW) 開始電池残量 50%…12kW(12kW)
充電時間	60min
急速充電器出力	アシスト無し…25kW(系統のみ) アシスト有り…50kW(系統+アシスト)

4) 結果

電池残容量 20%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-12 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-13 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-16 に示す。

次に電池残容量 50%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-14 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-15 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-17 に示す。

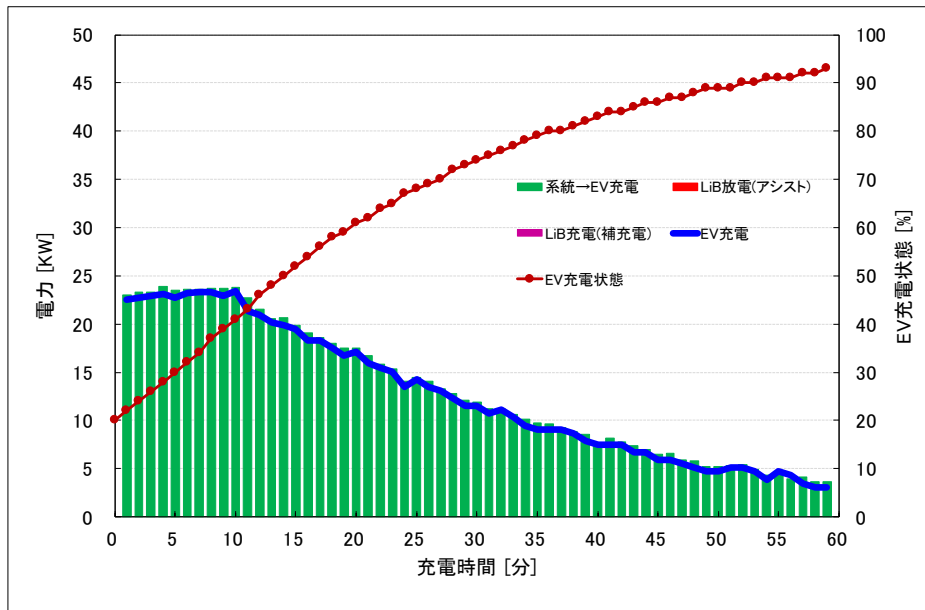


図 5-12 電池残量 20%アシスト無しの推移(e-NV200)

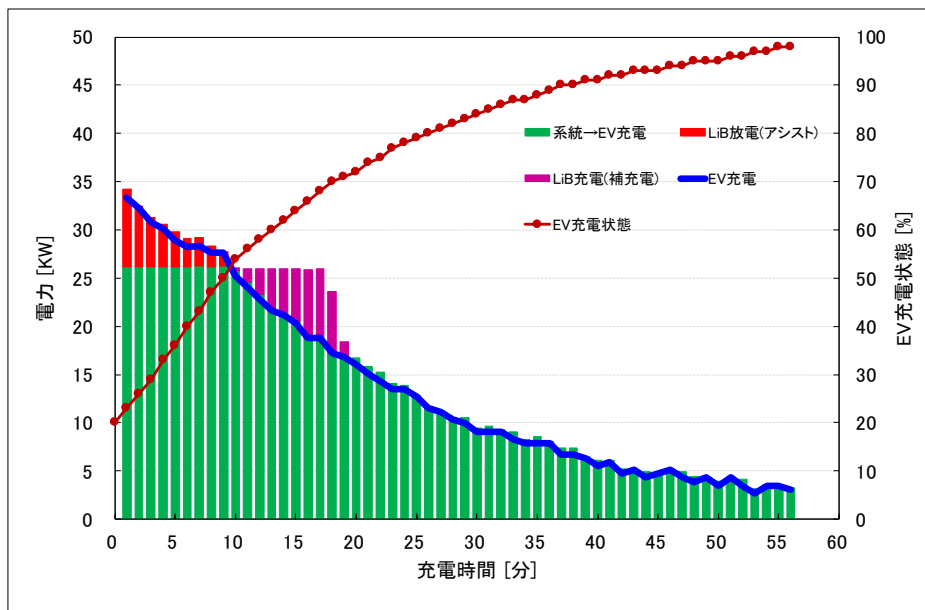


図 5-13 電池残量 20%アシスト有りの推移(e-NV200)

表 5-16 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と充電電力量(電池残量 20%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	20	20	0	0	0	0
10 分充電後	41	54	13	3.8	4.9	1.1
30 分充電後	74	84	10	9.3	10.2	0.9

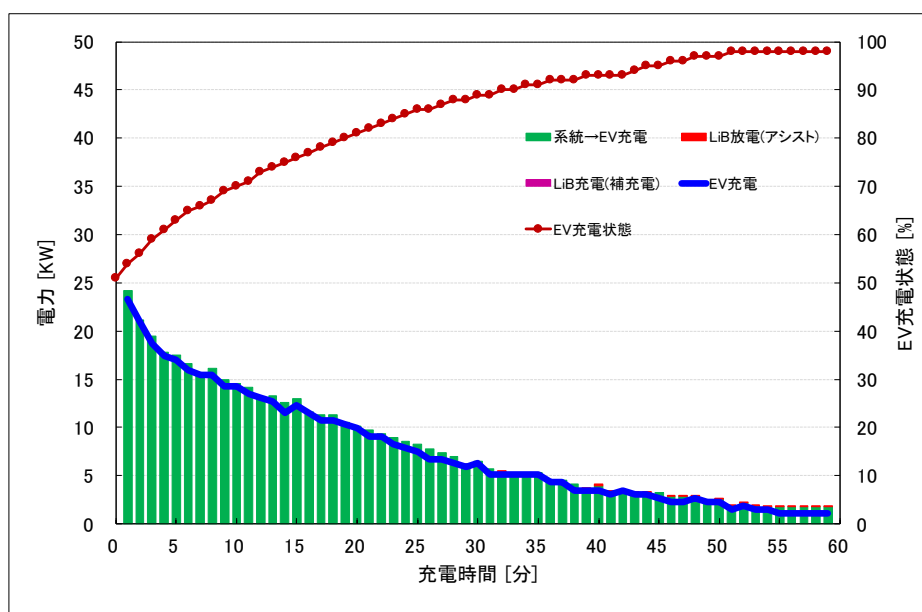


図 5-14 電池残量 50%アシスト無しの推移(e-NV200)

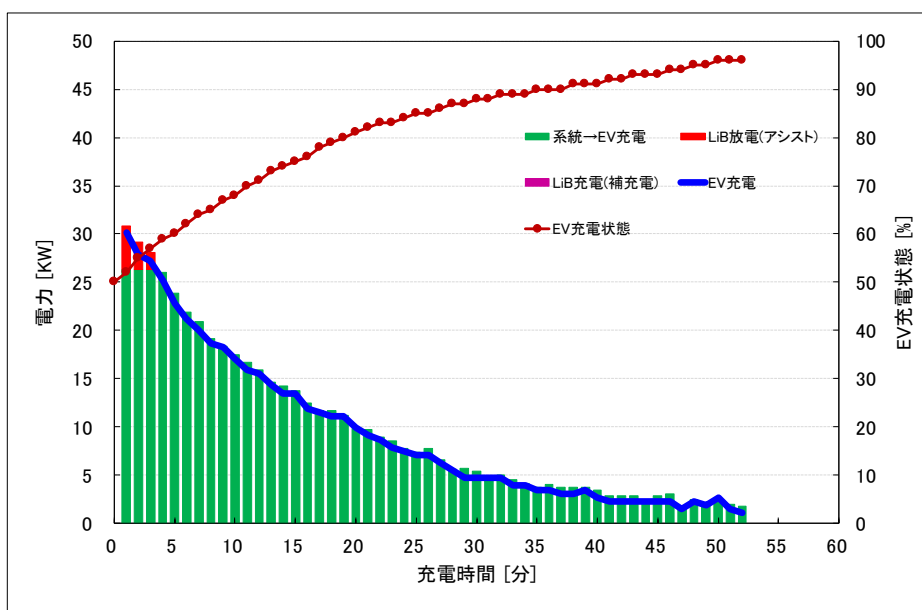


図 5-15 電池残量 50%アシスト有りの推移(e-NV200)

表 5-17 10分後と30分後のEV充電状態と充電電力量(電池残量50%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	50	50	0	0	0	0
10分充電後	70	68	-2	2.9	3.8	0.9
30分充電後	89	88	-1	6.0	7.1	1.1

(3) アシスト動作実証実験②(中容量バッテリー車)

1) 目的

現在市場に多く普及している中容量のバッテリーを搭載した EV に対するアシスト充電の有効性(系統電力の抑制効果)を検証する。

2) 試験方法

あらかじめ試験車両を目標の電池残容量(20%と 50%)にし、アシスト動作有り(50kW 出力)とアシスト動作無し(25kW 出力)で EV へ充電を行う。各所に設置したセンサ(電圧計、電流計)取得値より主要経路の電力値を算出する。EV 充電状況は CAN 経由で急速充電器経由より取得する。

3) 試験条件

ZAA-AZE0(旧型リーフ)で実施した試験条件を表 5-18 に示す。

表 5-18 ニッサン ZAA-AZE0(旧型リーフ)試験条件

項目	内容
試験車両	ZAA-AZE0(旧型リーフ)
バッテリー総電力量	30kWh
試験開始時 EV 電池残量 (空き電池残量)	開始電池残量 20%…6kW(24kW) 開始電池残量 50%…15kW(15kW)
充電時間	60min
急速充電器出力	アシスト無し…25kW(系統のみ) アシスト有り…50kW(系統+アシスト)

4) 結果

電池残容量 20%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-16 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-17 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-19 に示す。

次に電池残容量 50%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-18 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-19 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-20 に示す。

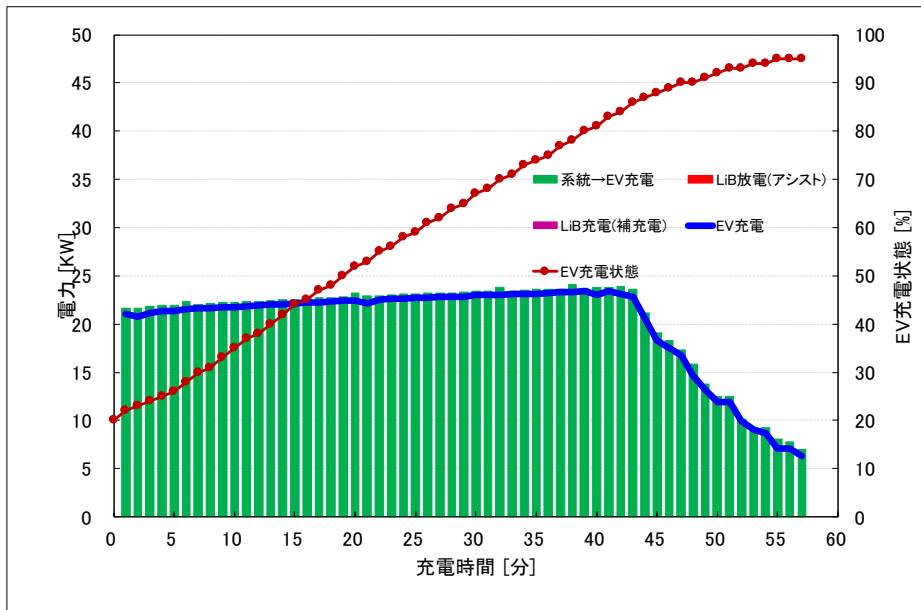


図 5-16 電池残量 20%アシスト無しの推移(旧型リーフ)

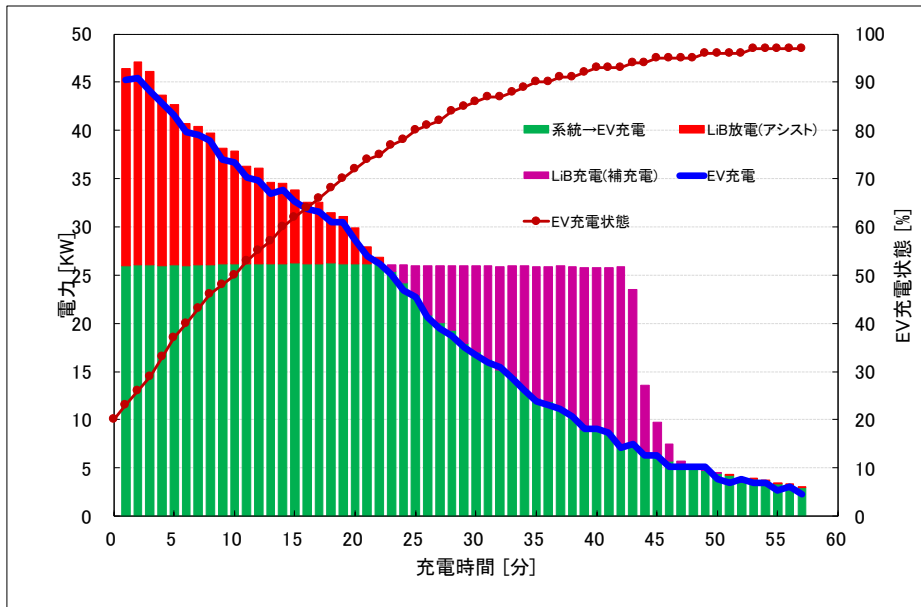


図 5-17 電池残量 20%アシスト有りの推移(旧型リーフ)

表 5-19 10分後と30分後のEV充電状態と充電電力量(電池残量20%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	20	20	0	0	0	0
10分充電後	35	50	15	3.6	6.9	3.3
30分充電後	67	86	19	11	15.9	4.9

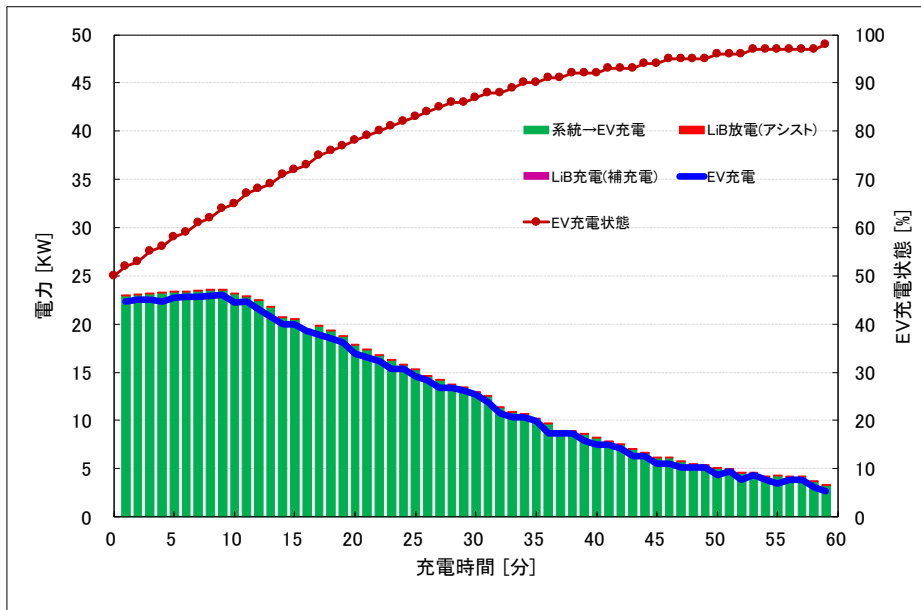


図 5-18 電池残量 50%アシスト無しの推移(旧型リーフ)

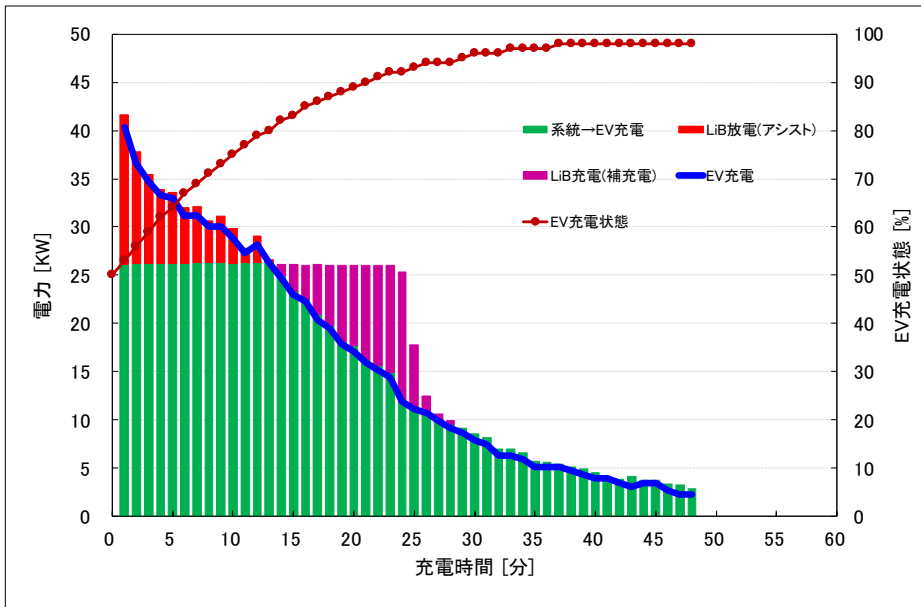


図 5-19 電池残量 50%アシスト有りの推移(旧型リーフ)

表 5-20 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と充電電力量(電池残量 50%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	50	50	0	0	0	0
10 分充電後	65	75	10	3.8	5.5	1.7
30 分充電後	87	96	9	9.5	11.2	1.7

(4) アシスト動作実証実験③(大容量バッテリー車)

1) 目的

近年増加傾向にある大容量バッテリーを搭載した EV に対するアシスト充電の有効性(系統電力の抑制効果)を検証する。

2) 試験方法

あらかじめ試験車両を目標の電池残容量(20%と 50%)にし、アシスト動作有り(50kW 出力)とアシスト動作無し(25kW 出力)で EV へ充電を行う。各所に設置したセンサ(電圧計、電流計)取得値より主要経路の電力値を算出する。EV 充電状況は CAN 経由で急速充電器経由より取得する。

3) 試験条件

ZAA-ZE1(新型リーフ)で実施した試験条件を表 5-21 に示す。

表 5-21 ZAA-ZE1(新型リーフ)試験条件

項目	内容
試験車両	ZAA-ZE1(新型リーフ)
バッテリー総電力量	62kWh
試験開始時 EV 電池残量 (空き電池残量)	開始電池残量 20%…12.4kW(49.6kW) 開始電池残量 50%…31kW(31kW)
充電時間	60min
急速充電器出力	アシスト無し…25kW(系統のみ) アシスト有り…50kW(系統+アシスト)

4) 結果

電池残容量 20%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-20 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-21 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-22 に示す。

次に電池残容量 50%からアシスト無し充電(25kW)を行った結果を図 5-22 に、アシスト有り充電(50kW)を行った結果を図 5-23 に示す。また、充電開始から 10 分後と 30 分後の EV 充電状態と EV への充電電力量を表 5-23 に示す。

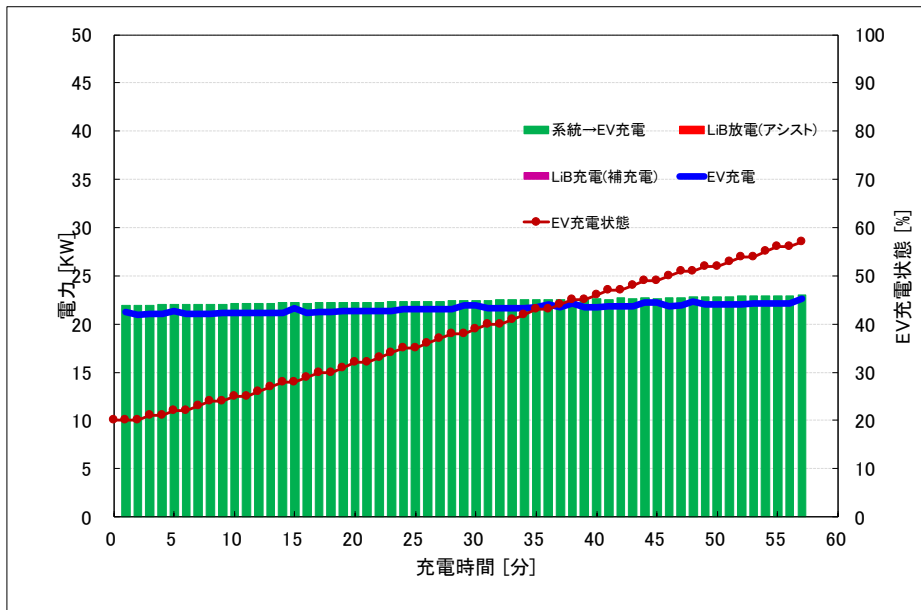


図 5-20 電池残量 20%アシスト無しの推移(新型リーフ)

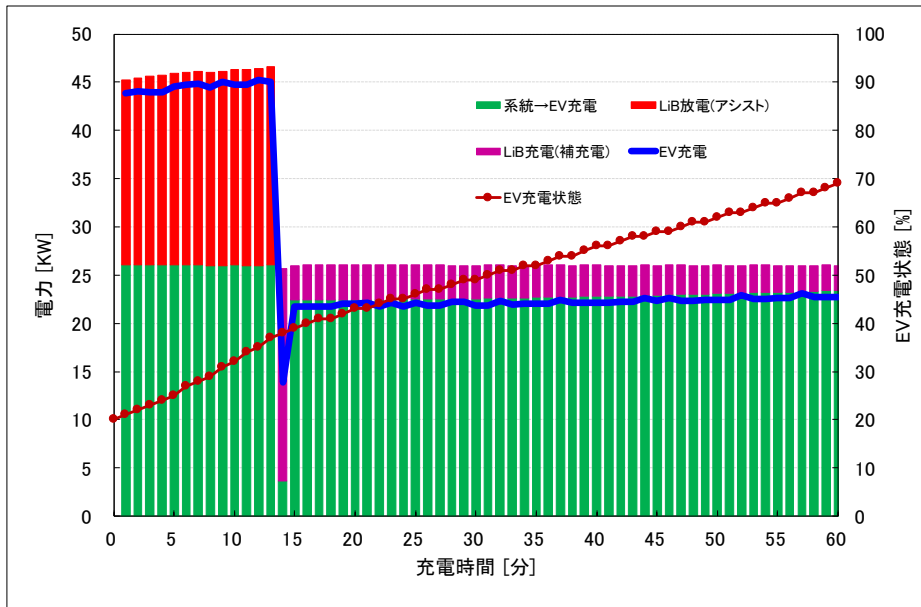


図 5-21 電池残量 20%アシスト有りの推移(新型リーフ)

表 5-22 10分後と30分後のEV充電状態と充電電力量(電池残量20%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	20	20	0	0	0	0
10分充電後	25	32	7	3.5	7.4	3.9
30分充電後	39	49	10	7.1	15.7	8.6

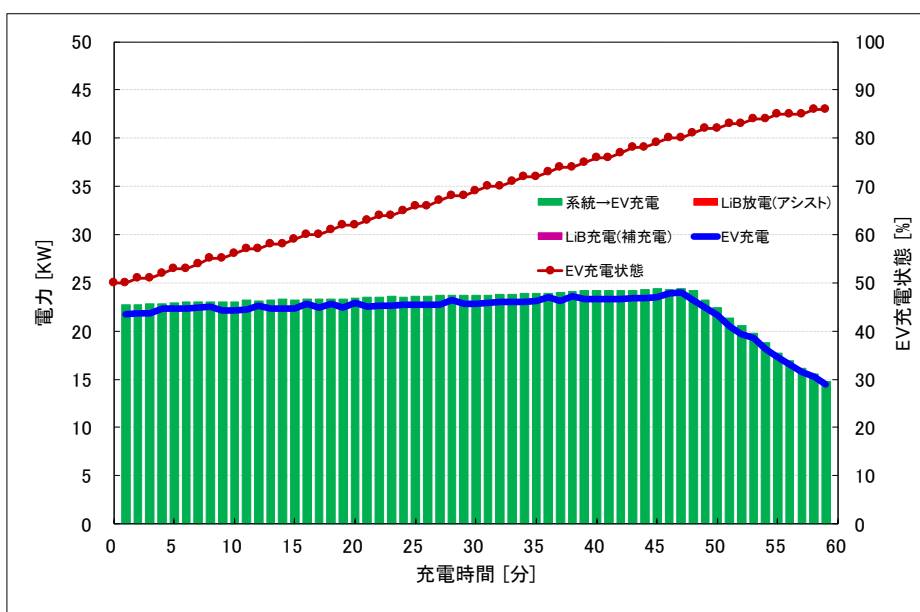


図 5-22 電池残量 50%アシスト無しの推移(新型リーフ)

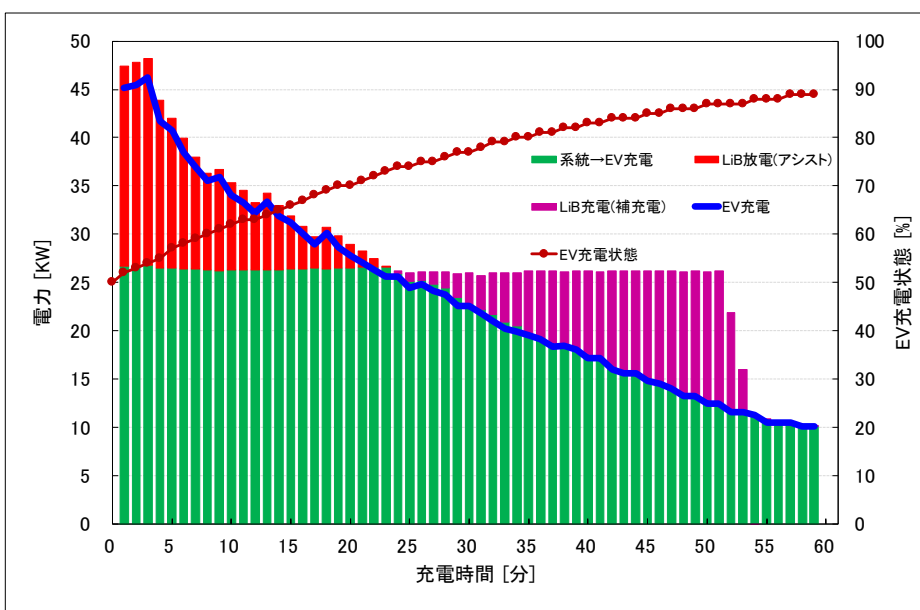


図 5-23 電池残量 50%アシスト有りの推移(新型リーフ)

表 5-23 10分後と30分後のEV充電状態と充電電力量(電池残量50%)

充電時間	EV 充電状態[%]			充電電力量[kWh]		
	アシスト無	アシスト有	アシスト効果	アシスト無	アシスト有	アシスト効果
初期	50	50	0	0	0	0
10分充電後	56	62	6	3.7	6.7	3
30分充電後	69	77	8	11.2	15.9	4.7

(5) 検証結果の考察

低容量のバッテリー車では電池残量 20%の充電ではアシストの効果がみられたが、50%の充電ではアシストの効果は見られなかった。この原因は、車両のバッテリー容量が小さいため、車両から急速充電器へ要求する電力が想定よりも小さく、系統電力 25kW で充電電力のほとんどがまかなわれてしまったためである。今回のようなバッテリー容量が小さい(急速充電器への要求電力が小さい)車両に対しは、アシスト効果を有効的に発揮させるためには系統電力をさらに引き下げる必要があることがわかった。

中容量のバッテリー車では、20%と 50%の両方の条件でアシスト電力が有効に機能していることが確認できた。充電中の動作推移に関しても、アシスト電力が切れることなく系統電力余剰分の補充電に切り替えが行われており、系統電力とアシスト電力のバランスが最適であることが分かった。

大容量のバッテリー車でも、20%と 50%の両方の条件でアシスト電力が有効に機能していることが確認できた。バッテリー残量が 20%からの充電では、約 14 分でアシスト電力切れが発生した。これは想定通りの現象であるが、中容量バッテリー車時のようにアシスト切れを起こすことなく補充電への移行が理想的である。50%からの充電結果より、車両からの要求電力が低下するのは 54%を超えた時点で、20%状態からから 54%までに必要な充電時間は 25~30 分となる。つまり、大容量のバッテリー車でアシスト切れが発生することなく充電を行うためには、倍以上のアシストバッテリーを搭載する必要があることが分かった。

(本編のまとめ)

本検証実験より、多くの条件でアシスト電源による系統電力の抑制効果を確認することができた。アシスト電源の効果は、車両のバッテリー仕様、系統電力とアシスト電力の割合、アシスト電力量の関係により異なることが分かった。

製品化に向けては、対象となる顧客ごとに所有している EV が異なることを考慮し、急速充電器側にアシスト電力の効果を最適化する仕組みが必要になると考えられる。例えば、LiB パックを収納する筐体を増設可能なユニット構造にすることで、基本設計は共通で EV バッテリーの容量に応じた最適なアシスト電力を提案するなどが考えられる。

今後はフィールド機を使った実際の EV 利用者の利用状況調査を進め、最終的な製品仕様へ反映していく。

Reference

- 1) 消防法(平成三十年法律第六十七号改正)
- 2) 御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例施行規則
(平成2年5月23日規則第2号)
- 3) 御殿場市・小山町広域行政組合火災予防条例
(昭和46年4月1日条例第9号 改正令和元年6月3日条例第1号)
- 4) 東京電力パワーグリッド株式会社 HP, 送配電系統利用に関するルール
https://www.gotemba-oyama-kouiki.jp/reiki/34690101000900000000/34690101000900000000/fm_inyo_prag99.html
- 5) 株式会社リコー HP, リコー環境事業開発センター
https://jp.ricoh.com/environment/eco_business_center
- 6) 三井商業マネジメント株式会社 HP, 商業施設一覧
https://www.mf-shogyo.co.jp/sc/sc_map.html
- 7) 日産自動車株式会社 HP, e-NV200 主要諸元
https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/jp/vehicles/ENV200_DEV/pdf/e-NV200_specification.pdf
- 8) 日産自動車株式会社 HP, 日産リーフ主要諸元
http://history.nissan.co.jp/LEAF/ZE0/1211/pdf/leaf_specification.pdf
- 9) 日産自動車株式会社 HP, 日産リーフ主要装備一覧
https://www3.nissan.co.jp/content/dam/Nissan/jp/vehicles/leaf/1912/pdf/leaf_1912_specsheet.pdf

第6編 LCA 評価及び CO₂ 削減量試算

本編では使用済みハイブリッド車(HEV)のリチウムイオン電池(LiB)について、従来の廃車処理に伴う輸送と比較し、自動車部品及び複写機の循環回収物流を連携して活用し、LiB の回収を行った場合の CO2 排出量削減効果を試算した。

また、使用済み HEV 用 LiB を定置用製品へリマニュファクチャリングしたリユース蓄電池付 EV 急速充電器による CO2 排出量削減効果についてフィールド機にて検証した。

第 1 章 循環回収物流活用による CO2 排出削減効果

(1) CO2 排出削減シナリオ

使用済み HEV から回収される LiB の回収物流に関して、排出業者(自動車解体業者等)から産業廃棄物処理施設へ輸送する現在の回収物流に対して、使用済み自動車部品の回収と使用済み複写機回収の循環物流を活用し、使用済み LiB を自動車部品や複写機等と混載輸送することによる CO2 排出量削減効果を、LCA を実施することにより確認する。

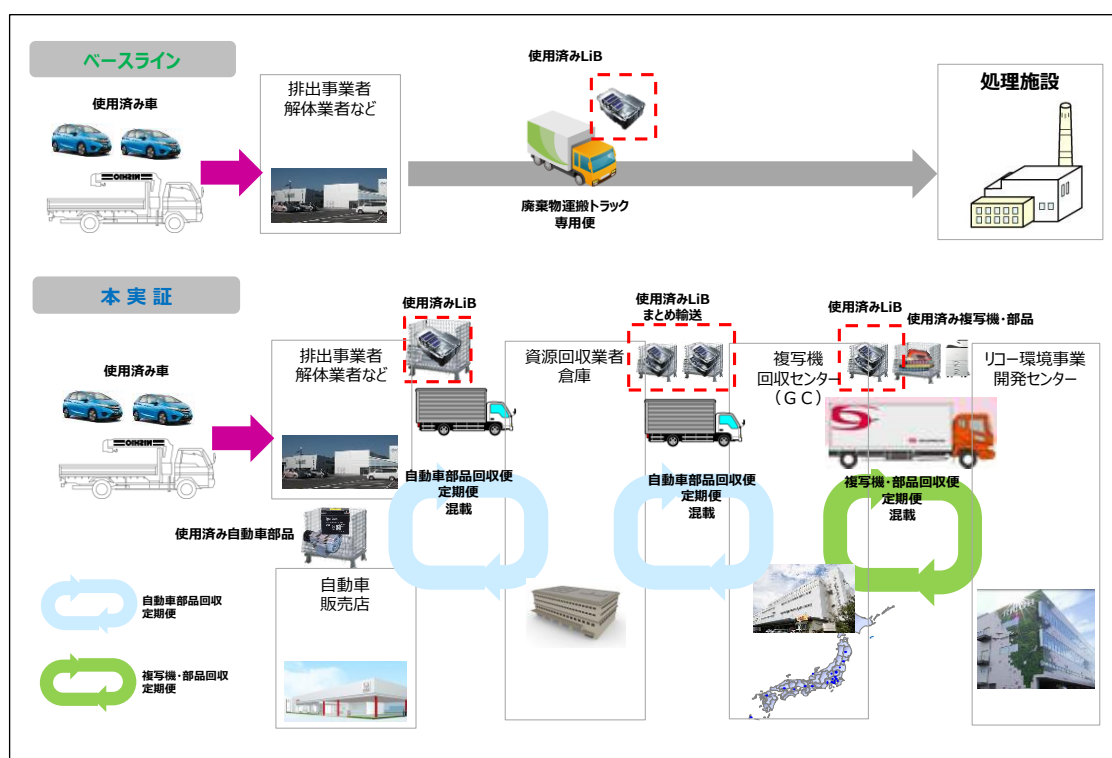


図 6-1 循環回収物流活用による CO2 排出削減シナリオ

ハイブリッド車や EV に搭載されている LiB は、2015 年の自動車リサイクル法審議会合同 WG にて、適正処理のセーフティネット構築の必要性が示された。これを受け一般社団法人日本自動車工業会では回収・リサイクルの仕組み構築を支援。

一般社団法人自動車再資源化協力機構(以下、自再協)を窓口とした無償回収システムを構築、2018 年 10 月より運用を開始している。(自再協ホームページより公開情報を引用)

LiB の共同回収システムでは排出業者が自再協に LiB の引取を依頼すると、自再協より委託を受けた運搬会社が LiB の回収を行うとある。

排出事業者は自動車メーカー等が取外しマニュアルで定める荷姿にした LiB を、運搬会社に引き渡す。排出事業者が引き渡した LiB は、自再協より委託を受けた処理事業者により適正に処理されることとなる。この仕組みにより使用済みの LiB を安全且つ適正に処理されるセーフティネットが準備され、来るべき EV 社会において有用なインフラである。

しかしながら、現在の仕組みでは排出事業者が依頼するごとに車を手配し輸送している。今後、大量の使用済み LiB が発生した場合に、積算的に CO2 排出量が増大すると考えられる。

また、LiB 単体で大量に輸送する場合、消防法の規制があるため安全対策を実施する必要があり、対策費用の負担も発生する。

対して、本実証は既存の自動車部品及び複写機等のリサイクル品回収ルートに、使用済み LiB を混載させるため、少量の輸送でも輸送コストを抑えられ、特別な安全対策を追加実施することなく輸送でき、CO2 排出量を削減できる。

H30年度の実証では、複写機の回収センター(グリーンセンター:GC)に持ち込まれた LiB を複写機と混載して回収することで、安全且つ効率的に再利用のための輸送を行えることを実証した。

H31 年度の実証では、排出業者(解体業者など)から、自動車部品の回収を行っている既存定期便を活用することで、更に輸送効率を向上させ、CO2 排出量を削減することを検討した。

また、全国(北海道・沖縄を除く:複写機再利用の回収を実施していないため)からの回収について、自動車部品再資源化業者の拠点と複写機の回収拠点を具体的に設定し、回収方法・距離をシミュレーションすることで輸送 CO2 排出の試算精度を上げた。

(2) 循環回収物流のバウンダリー

循環回収物流利用による CO2 排出削減効果の算出において、ベースライン及び本実証に、以下のバウンダリーを設定した。

ベースラインは H30 年度報告では既存の使用済み電池輸送状況をヒアリングし、以下のように設定した。廃車は解体業者に輸送し、解体業者で使用済み電池を解体(取り外す)する。そこから一次保管業者(個別輸送)・二次保管業者へと輸送し、リサイクル中間処理業者で有価物などと分離し、電池そのものは最終処理業者で路盤材などへ処理されると、設定していた。

本年度(H31 年度)のベースラインとしては、既に、一般社団法人日本自動車工業会による回収・リサイクルの仕組みが整備され、一般社団法人自動車再資源化協力機構(以下、自再協)を窓口とした無償回収システムが 2018 年 10 月より運用を開始していることから、LiB の回収のベースラインを自再協の仕組みを想定して、推定により回収条件を設定した(リコー調べに基づく設定)

解体業者で使用済み車両を解体し、電池を取り外した後、使用済み LiB パックは、自動車メーカーが指定する取り外しマニュアルに従った回収形態にした LiB を、指定の輸送業者が全国指定の処理施設に輸送し、処理施設にて中間処理及び最終処理を行うと想定し、定義した。

本実証では解体業者で使用済み車両を解体し、使用済み電池を取り外すところまでは同一だが、その後は資源回収業者の自動車部品回収便を活用し、自動車部品と LiB を混載して、資源

回収業者の保管倉庫に輸送する。その後複写機の回収センター(GC)に、こちらも自動車部品回収の定期便にて輸送する。

グリーンセンターから複写機のリユース・リサイクル拠点(環境事業環境センター:場所は静岡県御殿場市)へは、複写機の資源回収(複写機本体、カートリッジ、トナーボトルなど)の定期便に混載することにより効率良く輸送する。H31 年度実証では、実際の自動車部品回収の拠点と、複写機のグリーンセンターの拠点間距離などを具体的に検討した。また、LiB の輸送容器を一般的な鉄かごを活用して、積載効率を向上することで、輸送の効率を更に向上させることと、混載の自由度を向上させることで、CO2 削減と商用化に大きく道筋をつけた。

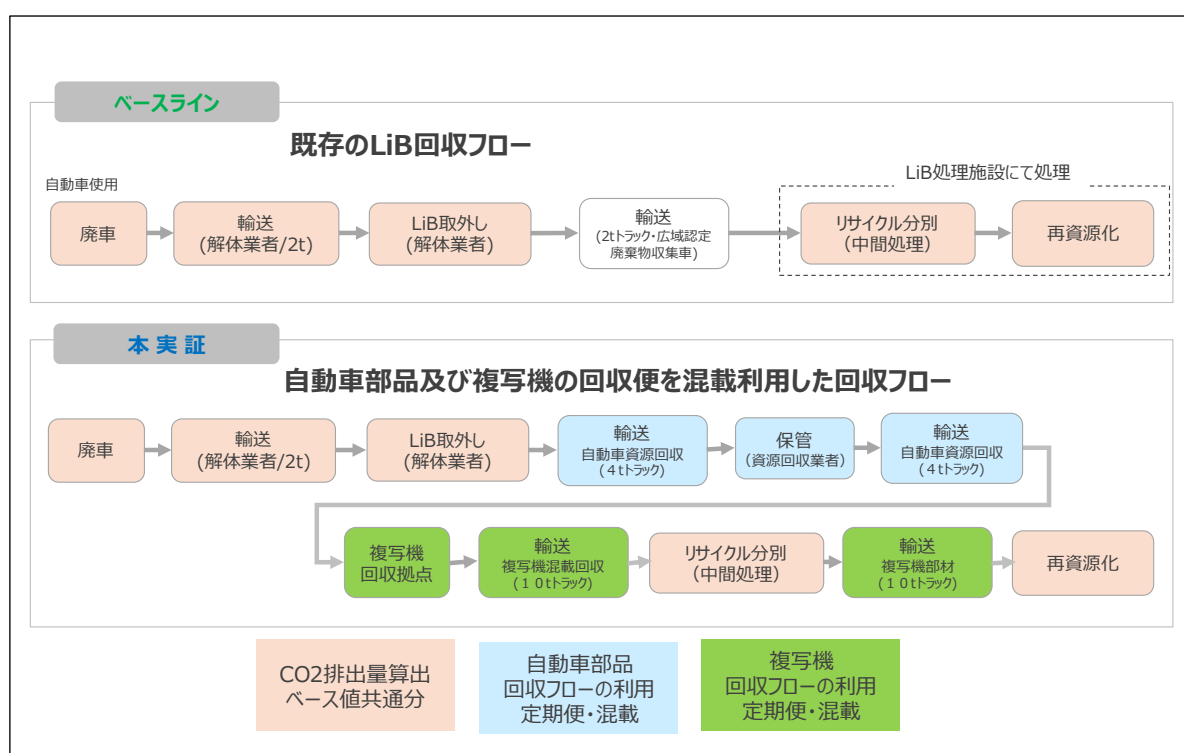


図 6-2 循環回収物流のライフサイクルフロー図

(3) 循環回収物流活用による CO2 排出削減量

1) 算出式及び使用したパラメータと算出条件

1-1) ベースライン排出量

【算出式】

輸送 CO2 排出量 =(輸送距離/燃費)×軽油排出係数原単位×輸送全重量のうち電池分の重量割合

表 6-1 算出に使用した係数

算出に使用した係数	CO2 排出量	単位
CO2 排出係数: 軽油	2.62	kg-CO2/l
算出に使用した係数	燃費	単位
燃費: 10トン車	3.09	km/l
燃費: 4トン車	4.58	km/l
燃費: 2トン車	6.19	km/l

「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」

(経済産業省告示第 66 号)

表 6-2 ベースライン算出条件

計算地点	算出条件
解体業者への輸送	4トン車に車 2 台積載、距離 20 km
処理施設への輸送	2トン車に電池 1 台(50 kg)積載 自動車工業会の回収方法を想定し、全国の処理施設へ、LiB を直送すると設定した。(引き取り依頼一件に対して、輸送処理をかけるルーチンが設定されているため) 距離については、全国都府県から最寄りの指定処理施設まで輸送する距離を求めた(設定としては各県庁所在地と処理施設間の距離を試算に使用した) 使用済み LiB の発生比率を東北地区 25%、関東(中部・上信越含む)50%、九州(関西・中国・四国含む)25%と定義し、按分した ※地域の発生率に関しての定義は H30 年度と同一とした ※北海道・沖縄については、複写機リユースの回収を行っていないため、ベースラインからも除外した。

1-2) 本実証排出量

【算出式】

輸送 CO2 排出量

= (輸送距離 / 燃費) × 軽油排出係数原単位 × 輸送全重量のうち電池分の割合

算出に使用した係数は表 6-1 を用いる。

表 6-3 H31 年度実証算出条件

計算地点	算出条件
解体業者への輸送	4 トン車に車 2 台積載、距離 20 km
資源回収業者への輸送	4 トン車に自動車部品、電池積載の鉄かごを混載、距離は、都府県ごとに近隣の資源回収業者拠点までの距離を算出、発生比率を東北 25 %、関東 50 %、九州 25%と定義し、按分した。地域内での発生比率は都道府県すべて同一とした。平均距離は 97.8km。 既存輸送便にて、ミルクラン回収を想定した。 回収は、4 トン車積載重量 3,000kg の内、電池 6 台(300kg)を 1 単位として計算する
複写機回収拠点(グリーンセンター)への輸送	4 トン車に電池積載の鉄かごを満載。自動車部品回収の既存定期輸送便を利用するため、片道(帰り)を利用する 距離は、地域ごとに資源回収業者と複写機の回収拠点(グリーンセンター)との距離を求める。平均距離は 87km 4 トン車積載重量 2,790kg の内、電池 6 台(300kg)を 1 単位として計算する
分別業者(リユース・リサイクルセンター)への輸送	10 トン車。複写機・複写機部品と混載することで、積載重量 7,950 kg うち、電池 48 台(50 kg/1 台)とした 複写機、複写機部品の回収定期便に混載するため、片道計算とした 距離の終点は静岡県御殿場市のリユース・リサイクルセンターとした。 起点は東北地区、関東地区(中部・甲信越を含む)、九州地区(関西・中国・四国を含む)それぞれのグリーンセンター(宮城、千葉、埼玉、愛知、大阪、香川、広島、鳥栖)として、リユース・リサイクルセンターまでの距離を用いた。平均距離は 374km 発生比率を東北 25 %、関東 50 %、九州 25%と定義し、按分した
再資源化業者への輸送	10 トン車、積載重量 5,000 kg、うち、電池 1 台(50 kg)、距離 20 km

2) 算出結果

電池の回収物流におけるベースライン排出量、本実証排出量、CO2 排出量は以下となる。既存の自動車部品回収及びコピー機用回収物流網を利用して使用済み電池を輸送することにより、使用済み LiB パック 1 台あたり 45.1 kg-CO2 の排出量削減効果が見込まれる。

表 6-4 輸送による CO2 排出削減量

	計算地点	CO2 排出量(kg-CO2/台)
ベースライン	解体業者への輸送	5.7
	処理施設への輸送	49.1
	ベースライン計	54.8
参考:平成 30年度実証	解体業者への輸送	5.7
	1次回収業者への輸送	2.1
	2次回収業者への輸送	1.8
	分別業者(リコー環境事業開発センター)への輸送	4.7
	再資源化業者への輸送	0.2
	平成 30 年度実証計	14.5
平成 31 年度実証	解体業者への輸送	5.7
	資源回収業者への輸送	0.9
	グリーンセンターへの輸送	0.9
	分別業者(リコー環境事業開発センター)への輸送	2.0
	再資源化業者への輸送	0.2
	本実証計	9.7
平成 31 年度 CO2 排出削減量		45.1

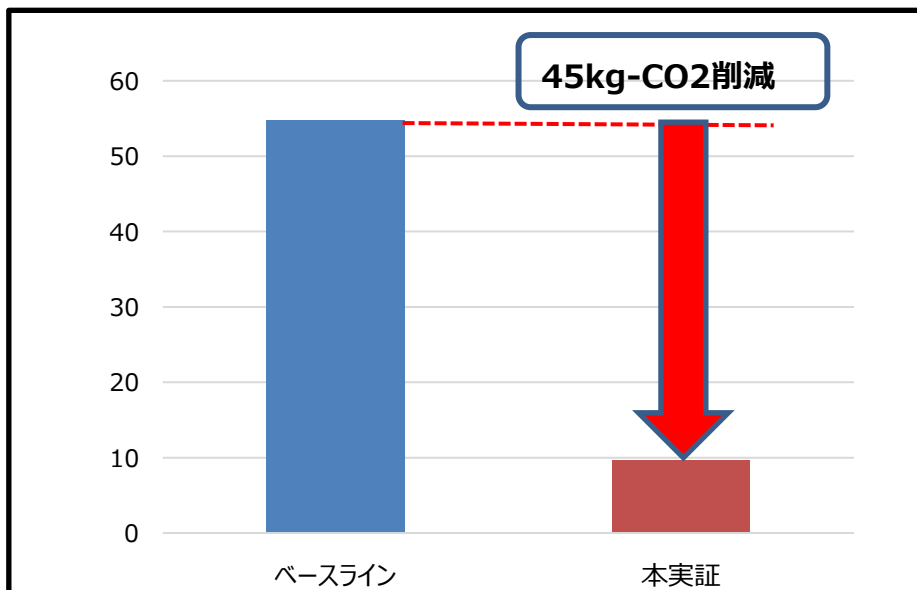


図 6-3 CO2 排出削減量効果 (電池輸送 1 台あたり)

第2章 回収LiBの循環利用による定置用システムのCO2排出量削減効果

(1) CO2排出削減シナリオ

循環利用によるCO2排出量削減効果検証のシナリオとして、ハイブリッド車で使用された電池を解体・再資源化をせず、6年間定置用蓄電システムに再利用することによりCO2排出量低減を実現する。



図 6-4 循環利用による CO2 排出削減シナリオ

CO2 排出量算出期間については、以下の設定をした。

- ①新品・リユースとも同型の電池を使用する。技術革新は 30 年間ないものとする。
- ②ベースラインは新品蓄電池を 10 年間蓄電システムで使用する状況を設定した。
その際、車で使用した電池は廃棄されると設定した。
- ③本実証は車で使用した蓄電池をその後 6 年蓄電システムでリユースする状況を設定した。

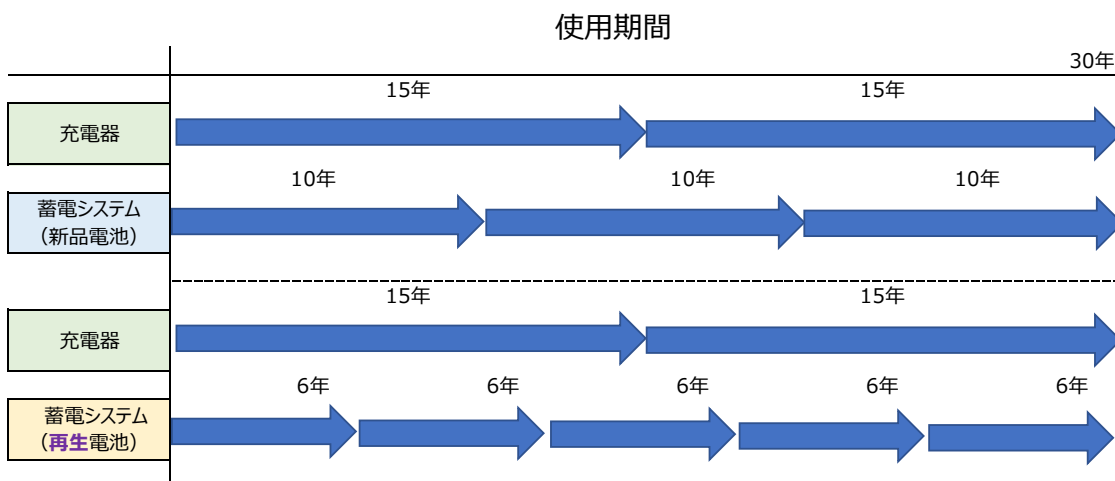


図 6-5 循環利用による CO2 排出削減シナリオの比較期間

(2) 循環利用の本システムのバウンダリー

循環利用による CO2 排出削減効果の算出において、ベースライン、本実証に以下の図 6-6 に示すライフサイクルフロー図により、バウンダリーを設定した。定置用システムとして、複数個の LiB をアシスト電源とする EV 急速充電器のシステムを単位として、アシスト電源用の LiB を新品の電池を利用するケースをベースラインとした。新品電池の利用年数は 10 年と設定した。また、同量の車載使用済み電池が廃棄されることもベースラインに含めた。

本実証では車で使用した電池を取り出し、回収後に検査、部品追加交換などを実施した後、定置用アシスト電源システムに再利用し、6 年利用することを想定した。

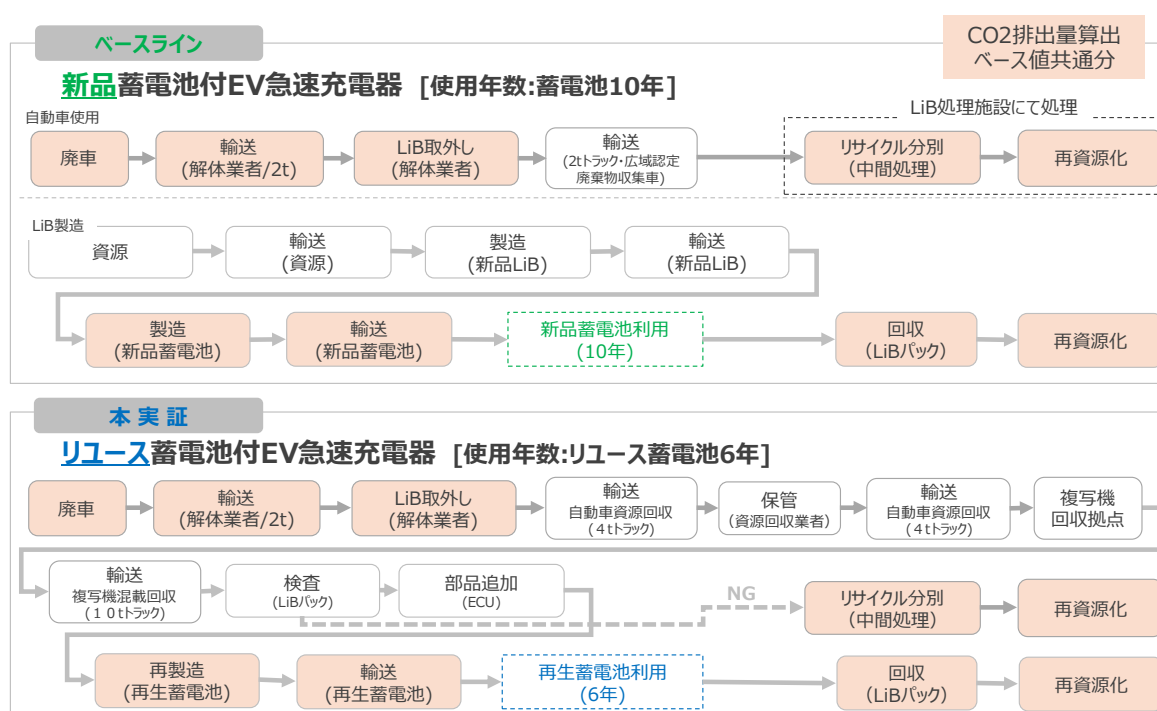


図 6-6 循環利用による本システムのライフサイクルフロー図

(3) 循環利用による CO2 排出削減量

1)算出式及び使用したパラメータと算出条件

1-1) ベースライン排出量

①車で使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量

【算出式】

廃棄電池の輸送・廃棄分 CO2 排出量 =(廃棄電池の輸送 CO2 排出量+電池廃棄 CO2 排出量)×10 台(1 システム分)

表 6-5 算出に使用した係数

係数	数値	単位
廃棄電池の輸送に伴う CO2 排出量 ¹⁾	54.8	kg-CO2/台
電池の廃棄に伴う CO2 排出量 ²⁾	31.6	kg-CO2/台

②新品蓄電池製造と輸送に伴う CO2 排出量

【算出式】

新品電池の製造・輸送分 CO2 排出量 =(新品電池製造 CO2 排出量+新品電池の輸送 CO2 排出量)×10 台(1 システム分)

表 6-6 算出に使用した係数

算出に使用した係数	CO2 排出量	単位
CO2 排出係数; 軽油	2.62	kg-CO2/l
算出に使用した係数	燃費	単位
燃費: 4トン車	4.58	km/l

「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」(経済産業省告示第 66 号)

表 6-7 輸送算出条件

計算地点	算出条件
電池製造場所からシステム組み立て場所	4トン車、1 システム分(10 個)の電池のみ輸送 距離 800 km

表 6-8 算出に使用した係数

係数	数値	単位
新品電池の製造に伴う CO2 排出量 ³⁾	100.0	kg-CO2/kWh

③蓄電システム製造と輸送に伴う CO2 排出量

【算出式】

蓄電システムの製造・輸送分 CO2 排出量 =蓄電システム製造 CO2 排出量+蓄電システム輸送 CO2 排出量(1 システム分)

算出に使用した係数は表 6-6 を用いる。

表 6-9 輸送算出条件

計算地点	算出条件
電池製造場所からシステム組み立て場所	4トン車、1 システム輸送、距離 800 km

表 6-10 算出に使用した係数

係数	数値	単位
システム製造に伴う電力 ⁴⁾	0.512	kg-CO2/kWh
システム製造に必要な追加部品に伴う CO2 排出量(1 システム分) ⁵⁾	251.5	kg -CO2

④蓄電池システム利用時の CO2 排出量の算出

【算出式】

蓄電池システム維持分 CO2 排出量 =待機時間(10 年分)×電力排出係数×待機電力

表 6-11 算出に使用した係数

係数	数値	単位
システム維持に伴う電力 ⁶⁾	0.512	kg-CO2/kWh

表 6-12 算出条件

項目	算出条件
待機時間	1 日あたり 19 時間とする(充電使用時以外は待機と想定)
待機電力 ⁷⁾	210W(H30 年度試算では 20W)

⑤システムで使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量の算出

【算出式】

廃棄電池の輸送・廃棄分 CO2 排出量 =(廃棄電池の輸送 CO2 排出量+電池廃棄 CO2 排出量)×10(1 システム分)

算出に使用した係数は表 6-5 を用いる。

1-2) 本実証排出量

①車で使用した電池をリコー環境事業開発センターへ輸送する CO2 排出量

【算出式】

回収電池の輸送分 CO2 排出量
 =(電池輸送 CO2 排出量)×10(1 システム分)+(電池輸送 CO2 排出量)×1(使用不可品の廃棄・使用中での交換分)

表 6-13 算出に使用した係数

係数	数値	単位
回収電池の輸送に伴う CO2 排出量 ⁸⁾	9.7	kg-CO2/台

②蓄電システム製造と輸送に伴う CO2 排出量

【算出式】

蓄電システムの製造・輸送分 CO2 排出量
 =電池検査分 CO2 排出量+蓄電システム製造 CO2 排出量+蓄電システム輸送 CO2 排出量(1 システム分)

算出に使用した係数は表 6-6 を用いる。

表 6-14 輸送算出条件

計算地点	算出条件
電池製造場所からシステム組み立て場所	4 トン車、1 システム輸送、距離 800 km

表 6-15 算出に使用した係数

係数	数値	単位
システム製造に伴う電力 ⁹⁾	0.512	kg-CO2/kWh
システム製造に必要な交換部品に伴う CO2 排出量(1 システム分) ¹⁰⁾	50.3	kg-CO2
電池の検査に伴う電力(1 検査分) ¹¹⁾	0.3	kWh

③蓄電池システム利用時の CO2 排出量の算出

【算出式】

蓄電池システム維持分 CO2 排出量
 =待機時間(10 年分)×電力排出係数×待機電力

表 6-16 算出に使用した係数

係数	数値	単位
システム維持に伴う電力 ¹²⁾	0.512	kg-CO2/kWh

算出条件は表 6-12 を用いる。

④蓄電システムのメンテナンス作業に伴う CO2 排出量

【算出式】

蓄電システムのメンテナンス分 CO2 排出量
 =システム設置場所への移動距離/燃費×CO2 排出係数

表 6-17 算出に使用した係数

算出に使用した係数	CO2 排出量	単位
CO2 排出係数; ガソリン ¹³⁾	2.32	kg-CO2/l
算出に使用した係数	燃費	単位
燃費: ガソリン HEV 車 ¹⁴⁾	20.0	km/l

表 6-18 算出条件

計算地点	算出条件
営業所から蓄電システム設置場所	距離 20 km

⑤システムで使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量の算出

【算出式】

廃棄電池の輸送・廃棄分 CO2 排出量
 =(廃棄電池の輸送 CO2 排出量+電池廃棄 CO2 排出量)×10(1 システム分)

表 6-19 算出に使用した係数

係数	数値	単位
廃棄電池の輸送に伴う CO2 排出量 ¹⁵⁾	9.7	kg-CO2/台
電池の廃棄に伴う CO2 排出量 ¹⁶⁾	31.6	kg-CO2/台

2) 算出結果

使用済み電池の循環利用におけるベースラインの CO2 排出量、本実証の CO2 排出量、本実証による CO2 排出削減量は以下の表 6-20 に示す結果となる。使用済み電池を回収し、蓄電システム内で 6 年間再利用することにより、新品電池を 10 年使用するベースラインの蓄電池付 EV 急速充電器の 1 システムとの比較で、年間 183 kg-CO2 の排出量削減効果が見込まれる。

表 6-20 定置用アシスト電源システムで電池を循環利用した場合の CO2 排出削減量
(1 年あたり)

	計算地点	CO2 排出量(kg-CO2/システム/年)
ベースライン	① 車で使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量	86.4
	② 新品蓄電池製造と輸送に伴う CO2 排出量	131.8
	③ 蓄電システム製造と輸送に伴う CO2 排出量	36.7
	④ 蓄電システム利用時の CO2 排出量	745.7
	⑤ システムで使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量	31.6
	ベースライン計	1032.2
本実証	① 車で使用した電池をリコー環境事業開発センターへ輸送する CO2 排出量	17.8
	② 蓄電システム製造と輸送に伴う CO2 排出量	28.0
	③ 蓄電システム利用時の CO2 排出量	745.7
	④ 蓄電システムのメンテナンス作業に伴う CO2 排出量	4.6
	⑤ システムで使用した電池の廃棄に伴う CO2 排出量	52.7
	本実証計	848.8
CO2 排出削減量		183.4

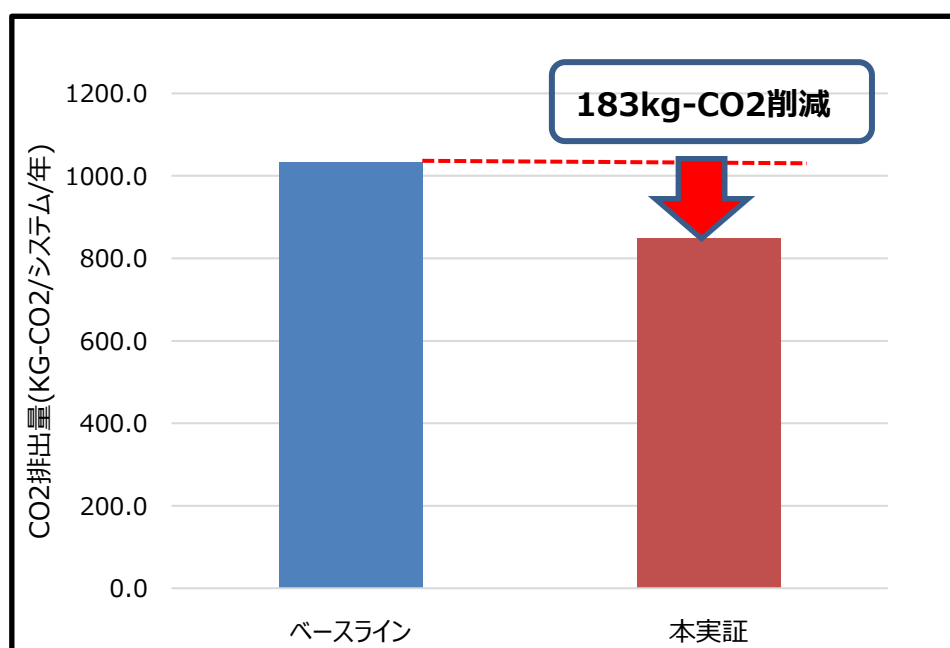


図 6-7 電池再利用 6 年時の CO2 排出量比較(1 年あたり)

電池を6年再利用することで、1システム1年あたり183kg-CO₂の削減効果が得られる。

図6-8にCO₂排出量を項目別に示す。ベースラインと比較して、電池をリユースすることから、車使用の電池の廃棄、新品電池製造のCO₂排出はゼロに削減できる。また、輸送に伴うCO₂排出を、自動車部品及び複写機の回収物流網を活用することで、削減できる効果も見られる。一方システム使用後の電池廃棄に関しては、新品電池よりも電池寿命が短いため、排出量が多くなっている。

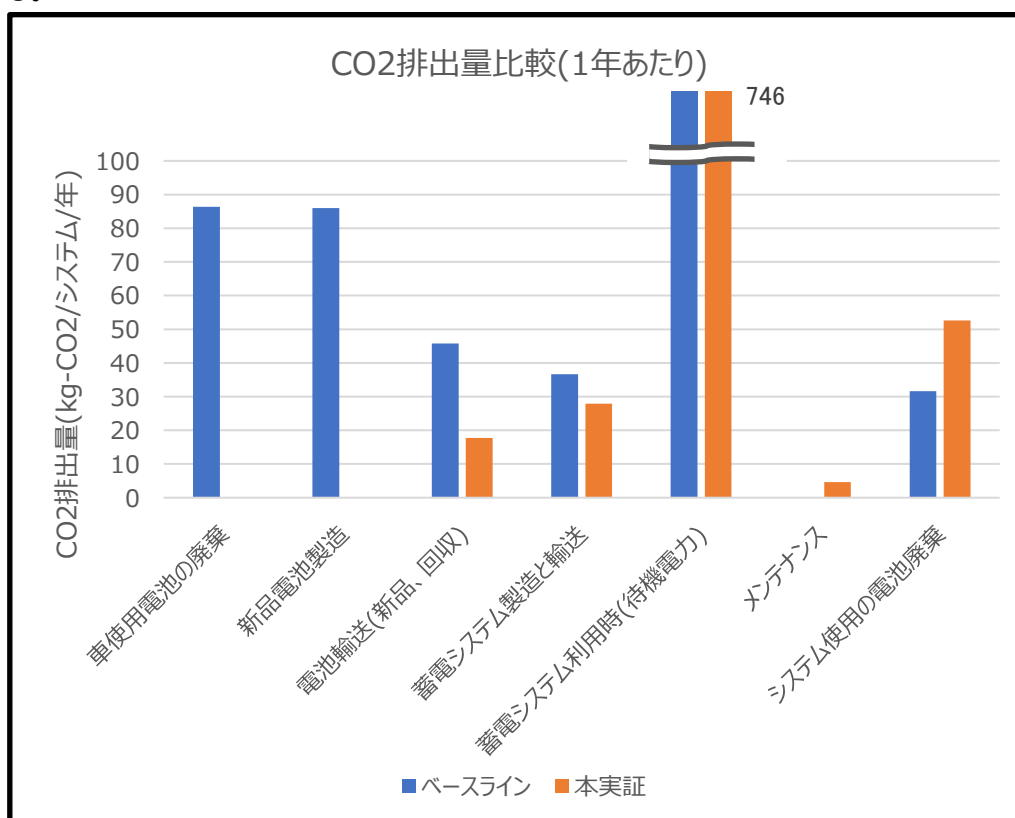


図6-8 CO₂排出量比較グラフ(1システム分/1年あたりの排出量)

一方、ベースラインと本実証の共通の課題として、蓄電池付EV急速充電器のシステムは、蓄電システムの待機電力によるCO₂排出量が最も大きく、待機電力を削減する省エネ設計の技術検討が重要となる。平成30年度の実証では、テストシステムであったため、蓄電池システムは稼働時のみ通電していたため、待機電力としては急速充電器の定格電力20Wで試算を行った。平成31年度の実証では、フィールド機であるため、常に稼働のために待機している状態である。待機電力を実測したところ210Wという値を得た。

以上のことから平成31年度の実証により、待機電力の省エネ化が重要な課題であることが、初めて認識できた。

電池再利用での使用年数(再利用寿命)とCO₂排出量の関係を、6-9に示す。再利用年数3年以上で新品電池を使用したシステム(ベースライン)よりもCO₂排出量を削減できる。

更に8年、10年と再生使用年数を延ばしていくことで、CO₂排出量を削減できるので、電池再生使用年数を延ばす技術検討が必要である。

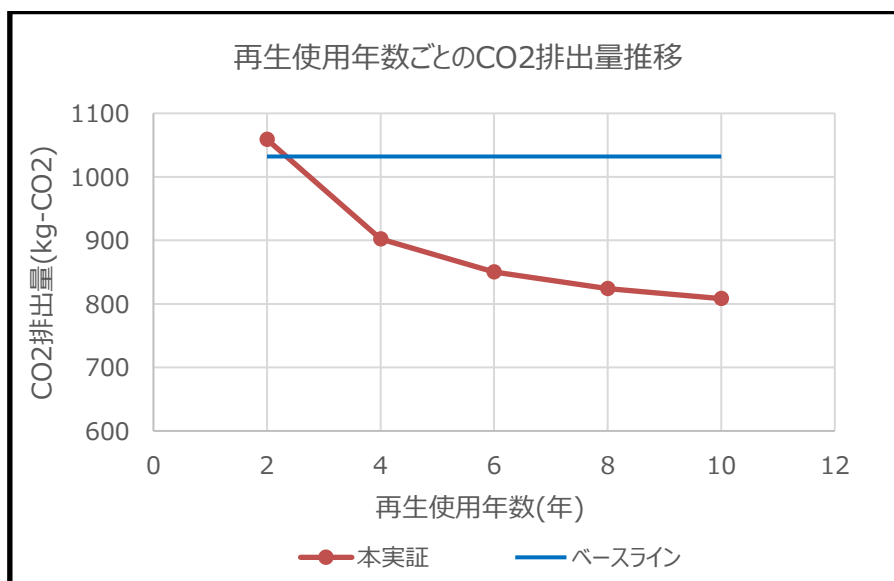


図 6-9 電池再生使用年数と CO2 排出量の推移

(本編のまとめ)

想定サプライチェーンでの原単位・バウンダリーの設定については、輸送のバウンダリー・蓄電システム利用のバウンダリーを各々設定した。また、原単位についても各種論文などをH31 年度も再調査し、最適と思われる原単位を設定した。

CO2 削減量の試算については、循環回収物流利用による CO2 排出削減と、循環利用による CO2 排出量削減について実施した。循環回収物流利用による CO2 排出削減では、既存の昨年度の検討から更に、自動車部品回収網と複写機回収網を連携して利用し、積載効率を改善した梱包設計及び、混載による回収を実施することにより、使用済み LiB パック 1 台あたり 45.1 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された。

また、循環再生使用による CO2 排出量削減については、リユース蓄電池付 EV 急速充電器の電池再利用 6 年の場合、蓄電池付 EV 急速充電器の 1 システムあたり、年間 183.4 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された。

蓄電池付の EV 急速充電器は、EV 普及時に電力のピークカットが可能であるため、有益であるが、蓄電池システムの待機電力の削減が CO2 排出量の削減に重要であることが、フィールド実証により、明確になった。今後、省エネシステムの設計や、蓄電池システムの維持に再生可能エネルギーを使用するなど CO2 削減技術の検討が望まれる。

Reference

- 1) 電池廃棄時の輸送に伴う CO2 排出量のベースライン値(表 6-4)を適用
- 2) 「平成 21 年度中小企業支援調査(製品のライフサイクルを通じた環境貢献評価手法に関する調査)」(みずほ情報総研)を使用した。
- 3) The Life Cycle Energy consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries/Understanding the life cycle GHG emissions for different vehicle types and powertrain technologies(IVL Swedish Environmental Research Institute 2017)を使用した。
- 4) 平成 28 年度電気事業者別排出係数代替値(H29.12.21 環境省・経済産業省公表値)
- 5) リコー社内 LCA データを参照して算出
- 6) 平成 28 年度電気事業者別排出係数代替値(H29.12.21 環境省・経済産業省公表値)
- 7) 平成 31 年度フィールド機での実測値
- 8) 電池の輸送に伴う CO2 排出量の本実証値(表 6-4)を適用
- 9) 平成 28 年度電気事業者別排出係数代替値(H29.12.21 環境省・経済産業省公表値)
- 10) リコー社内 LCA データを参照して算出
- 11) 短時間検査実証時の実測値から算出した。
- 12) 平成 28 年度電気事業者別排出係数代替値(H29.12.21 環境省・経済産業省公表値)
- 13) 「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」
(経済産業省・環境省)
- 14) ハイブリッド車の実燃費データから設定(<https://e-nenpi.com/enenpi/>)
- 15) 電池の輸送に伴う CO2 排出量の本実証値を適用
- 16) 「平成 21 年度中小企業支援調査(製品のライフサイクルを通じた環境貢献評価手法に関する調査)」(みずほ情報総研)を使用した。

第7編 今後の見通し

第1章 経済的実現性

(1) 横軸展開

本事業の成立には LiB の回収量増加と EV の本格普及が大前提となる。2025 年より LiB 回収量が増加し始める見込みである。重要な EV の本格普及についても様々な予測がされているが、2025 年から普及が始まると考えられている。よって、本事業の事業化の目安は 2025 年としている。最重要課題は EV の本格普及となる。EV の普及が期待される商用車用途をターゲットに、カーシェアリングサービスを活用した EV の法人利用を、自社実践をしながら牽引したい。また、2030 年にむけては、再生可能エネルギー蓄電システムへの用途展開を目指す。そのためには、様々な車種・車両の使用済み LiB を活用できるように、使用済み LiB パックのモジュール化利用の技術開発を進めていく。

(2) 出口戦略

本事業開始時の販売チャネルは、リコーの販売会社であるリコージャパンを想定している。リコージャパンは、EV 充電器のトータルサポートサービスを開始しており、販売だけでなく、設置・施工、運用・保守までサービス提供している。リコージャパンは、OA 機器の販売・保守の事業を通じて、全国に販売・保守網を有しており、業種業態、企業規模に関わらず法人企業へのアプローチが可能である。また、販売チャネルについては、リコージャパンのみでなく、多くの事業者の参画が期待できる。

第2章 技術的実現性

(1) 使用済み LiB の評価技術開発

HEV として一定の運用がなされた LiB を EV 急速充電器のアシスト電源として再利用するという本実証を実現するための課題として、対象となる LiB の寿命性能を把握し、LiB パックの数量を決定する必要がある。

本実証では、リユース LiB パックの残寿命を予測するための解析手法を定義し、劣化予測式を導出することができた。リユース LiB パックとしての充放電の繰り返し(サイクル)と待機時間(フロント充電時間)に応じて生じる劣化の相互作用の有無や影響度の把握や、走行距離や使用年数、使われ方など LiB パックに与えられたストレスが電池特性にどの程度影響を与えるのか、評価データの積み上げが必要であり、最終的に本用途でどの程度使用可能か寿命予測精度の向上を継続して実証していく。

(2) 系統電力抑制効果

リユース LiB パックを用いた蓄電システムによるアシスト効果を検証し、EV 急速充電器に要する系統電力量が抑制可能であることを実証した。アシスト効果は EV のバッテリー仕様、系統電力

とアシスト電力の割合、アシスト電力量の関係により異なることが分かった。

製品化に向けては、対象となる顧客ごとに所有している EV が異なることを考慮し、EV 急速充電器側にアシスト電力の効果を最適化する仕組みが必要となってくる。例えば、LiB パックを収納する筐体を増設可能なユニット構造にすることで、基本設計は共通で EV バッテリーの容量に応じた最適なアシスト電力を提案するなどが考えられる。

第 3 章 環境負荷低減効果

HEV で使用済みとなった LiB を再利用することで、環境負荷低減効果が得られることが実証できた。蓄電池付 EV 急速充電器には待機時の省エネ設計が重要であることもわかった。商品化の段階で省エネと長寿命化の設計をすることにより、環境負荷低減効果を改善できる可能性がある。

第 4 章 今後の課題

(1) ビジネスモデル

自動車メーカーによる商用 EV ラインナップの拡充や、商用シェアリングサービスの構築・普及など、フリート・モビリティサービスの充実と効率化が、本事業ならびに EV 化推進の今後の課題になると考える。

(2) 回収物流

使用済み LiB パックを効率的かつ安全な輸送方法の検討と検証を行ってきた。現時点で実運用に向けた大きな課題はないものの、検討しきれていない部分もある。例えば、コストシミュレーションでは包装資材を循環させるための費用や保管費や荷役作業費など輸送費以外の経費など、もう 1 段深い検討が必要であり、さらなる検討と検証を進める必要がある。

(3) 短時間選別

LiB 特性値の計測時間だけでなく、計測前に状態を揃える調整時間も含めた選別工程全体での時間短縮を図る必要がある。そのためには、内部抵抗法による劣化量把握の効率改善技術開発が重要である。

(4) フィールド機

リユース蓄電池付 EV 急速充電器のフィールド機による系統電力抑制効果を実証した。想定通り、大容量バッテリー車では急速充電が完了する前にアシスト電力不足が生じた。製品化の際には系統電力とアシスト電力の割合を最適化していくことが課題となる。

第5章 今後の事業計画

2025年の事業化を目指して、商品開発と体制構築を進めていく。事業化においては、自動車メーカーならびに充電器メーカーとのアライアンスと、自社グループの販売、設置・施工、運用・保守のトータルサポート体制の強化を進めていく。加えて、リユースのみならず、リサイクルまで含めた使用済み LiB の循環型ビジネスモデルの構築を引き続き目指す。リユース・リサイクル事業は、1者単独では事業創出することはできない。産官学連携にて、お互いの事業領域を補完しながら、環境負荷低減と利益創出を同時実現し、ビジネスとして事業継続して未来の社会に貢献していきたい。