

平成 30 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

平成 31 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発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 PHV、燃料電池自動車:以下 FCV)の割合は年々増加している。中でも HEV の台数が圧倒的に多く、2016 年は EV、PHV、FCV の合計が約 29,000 台に対して、HEV が約 1,338,000 台と 45 倍を越える(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、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、車載用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、以下の四つの課題がある。

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 は引火性のある有機溶媒を含むため、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。

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。

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。

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、蓄電機能付きの EV 急速充電器の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

電機能付きの EV 急速充電器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。

上記、四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、蓄電機能付き 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 5 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。

第一の課題に対しては、使用済み LiB パックに対して、振動・衝撃試験と輸送試験を実証し、輸送効率・安全性を確認し、効率的かつ安全な輸送方法を確立した。

第二の課題に対しては、使用済み LiB パックの充放電評価を行い、特性バラツキを確認し、再使用に影響がないことを確認し、リユース可否基準案を作成した。

第三の課題に対しては、使用済み LiB パック単体での充放電制御を確認し、試作したテスト機を用いて、複数 LiB パックから EV 急速充電器のアシスト動作と、系統電力から複数 LiB への補充電動作を実証し、制御可能なことを確認した。

第四の課題に対しては、使用済み LiB を用いた蓄電機能付き EV 急速充電器のビジネスモデル案を構築し、顧客である EV 急速充電器設置者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、顧客である EV 急速充電器設置者のニーズの深堀を行い、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を認知させる必要がある。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、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 vehicles [PHVs], 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. HEVs constitute the overwhelming majority of hybrid vehicle sales: of all the hybrid vehicles sold in 2016, approximately 1,338,000 units were HEVs—over 45 times more than the 29,000 units that were either EVs, PHVs, 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 in vehicles. 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 CO<sub>2</sub> 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 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 CO<sub>2</sub> 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.

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.

Fourth, there is a need to formulate a system and business model that will make it economically rational to produce stationary battery systems by utilizing recovered LiBs—specifically, in the form of rapid EV chargers with a power storage function. 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.

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 charger systems with a power storage function are run using new LiBs and recovered LiBs. It was found that using recovered LiBs used for 5 years or longer will have a greater effect on reducing CO<sub>2</sub> emissions than when new LiBs are used.

In addressing the first issue, vibration and impact tests and transportation tests were conducted to evaluate safe and efficient methods of transporting recovered LiB packs. An efficient and safe method of transporting the LiBs was then developed based on these tests.

In addressing the second issue, the charge and discharge performance of the recovered LiB packs were evaluated to verify their inherent variations. It was found that these variations have no impact on their ability to be reused. An acceptance criteria plan was developed based on this finding.

In addressing the third issue, the charge and discharge control system was tested on recovered LiB packs alone before a prototype was used to test the ability of multiple LiB packs to assist the rapid EV charger and the ability of the LiBs to be charged from the grid. The tests verified the successful operation of the system.

In addressing the fourth issue, a business model proposal was developed for utilizing recovered LiBs to manufacture rapid EV chargers with a power storage function. It was verified that this business would be economically rational for customers (i.e. those who wish to install the charger systems).

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 necessary to further examine the needs of customers (i.e. charger installers) and to promote recognition of the merits of using the recovered LiB-based rapid EV charging systems with a power storage function among users (i.e. EV users). Steps will also need to be taken 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 ビジネスモデル検証.....	14
第1章 ビジネスモデル考案.....	15
(1) ビジネスフロー.....	15
(2) ビジネスモデル.....	16
第2章 外部環境分析.....	17
(1) 使用済み LiB の回収見通し.....	17
(2) 国内 EV 市場.....	23
(3) 急速充電器市場.....	25
第3章 顧客分析/顧客の採算性検証.....	26
(1) 顧客分析.....	26
(2) 顧客の経済合理性検証.....	26
第3編 回収物流の実証.....	31
第1章 運搬・保管上の法令対応.....	32
(1) 使用済み LiB パック.....	32
(2) LiB の消防法上の位置づけ.....	34
(3) 本実証での貯蔵・取扱いに係わる法令対応について.....	35
(4) 本実証での運搬に係わる法令対応について.....	35
(5) 本実証での運搬・保管上の法令対応.....	36
第2章 安全な輸送品質基準の検証.....	36
(1) 使用済み LiB パックの簡易包装仕様の検討.....	36
(2) イレクターパイプ式循環ラックの振動・衝撃試験.....	38
(3) 使用済み LiB パックの長距離輸送試験.....	44
(4) 使用済み LiB パックの回収時の取り扱い.....	52
第3章 効率的な回収物流手段の検証.....	52
(1) 複写機の回収物流について.....	52
(2) 使用済み LiB の回収物流について.....	55
(3) コスト試算.....	56
第4編 蓄電部の動作検証及び蓄電装置付き EV 充電実証.....	62
第1章 テストシステム構想、LiB パックの動作検証.....	63

(1) テストシステム構想 .....	63
(2) LiB パックの制御技術検証 .....	69
第2章 LiB の特性評価、回収検査・選別 .....	72
(1) LiB の特性評価 .....	72
(2) リユース蓄電池パックの検査方法の設定 .....	79
(3) リユース蓄電池パックのリユース合否判定および劣化電池パックの交換基準の設定 .....	82
(4) リユース蓄電池パックの劣化予測のための単セルの寿命評価 .....	84
第3章 EV 急速充電器へのアシスト動作の実証 .....	89
(1) 試験車両と EV 電池残容量確認 .....	89
(2) リユース蓄電池パックからのアシストなしでの EV 充電動作検証 .....	89
(3) リユース蓄電池パックからのアシストありでの EV 充電動作検証(電池パック 4 台) .....	91
(4) リユース蓄電池パックからのアシストありでの EV 充電動作検証(電池パック 2 台) .....	92
(5) 複数並列に接続したリユース蓄電池パックの切り離し動作確認 .....	93
(6) 今後の方向性 .....	95
第5編 LCA 評価、CO <sub>2</sub> 削減量試算 .....	97
第1章 循環回収物流活用による CO <sub>2</sub> 排出削減効果 .....	98
(1) CO <sub>2</sub> 排出削減シナリオ .....	98
(2) 循環回収物流のバウンダリー .....	99
(3) 循環回収物流活用による CO <sub>2</sub> 排出削減量 .....	100
第2章 ハイブリッド車から回収された LiB の循環利用による定置用システムの CO <sub>2</sub> 排出量削減効果 .....	103
(1) CO <sub>2</sub> 排出削減シナリオ .....	103
(2) 循環利用の本システムのバウンダリー .....	104
(3) 循環利用による CO <sub>2</sub> 排出削減量 .....	105
第3章 LCA 評価、CO <sub>2</sub> 削減量試算まとめ .....	112
第6編 事業実現可能性検証 .....	113
第1章 経済的実現性 .....	114
第2章 技術的実現性 .....	114
第3章 環境負荷低減効果 .....	115
第7編 今後の見通し .....	117
第1章 今後の課題 .....	118
(1) ビジネスモデル .....	118
(2) 回収物流 .....	118
(3) 使用済み LiB 活用技術 .....	118

第2章 今後の事業計画 ..... 118

## 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発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 PHV、燃料電池自動車:以下 FCV)の割合は年々増加している。中でも HEV の台数が圧倒的に多く、2016 年は EV、PHV、FCV の合計が約 29,000 台に対して、HEV が約 1,338,000 台と 45 倍を越える(社団法人次世代自動車振興センター資料)。また、2016 年度の自動車の平均使用年数(平均寿命)は 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案を構築する。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、使用済み車載 LiB を用いた蓄電機能付き EV 急速充電器について、車載 LiB パック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とともに、LiB パック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機能付き 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を用いた蓄電機能付き 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 は引火性のある有機溶媒を含むため、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) 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

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。

## 3) 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の実証

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、定置用システム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、同時に充放電制御するための技術が必要である。

## 4) 使用済み LiB を用いた定置用蓄電システムとして、蓄電機能付きの EV 急速充電器の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

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、蓄電機能付きの 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、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。

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、回収した LiB リユース蓄電システムの実証とし、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
- ・廃車から回収された LiB パック 1 台を、定置用の蓄電システムとして充放電コントロールできていることを社内実験室及びテストシステムにより実証
- ・廃車から回収された LiB パックを 4 台接続し、定置用の蓄電システムとして充放電コントロールできていることを社内テストシステムにより実証
- ・EV 急速充電ステーションへのパワーアシスト用途として、蓄電システムと EV 充電ステーションとの接続検証ができていることを社内テストシステムにより実証
- ・HEV の使用済みの LiB の効率的な回収及び定置用の蓄電システムとしての CO2 排出削減量の一次試算の完了

### 第3章 実施体制

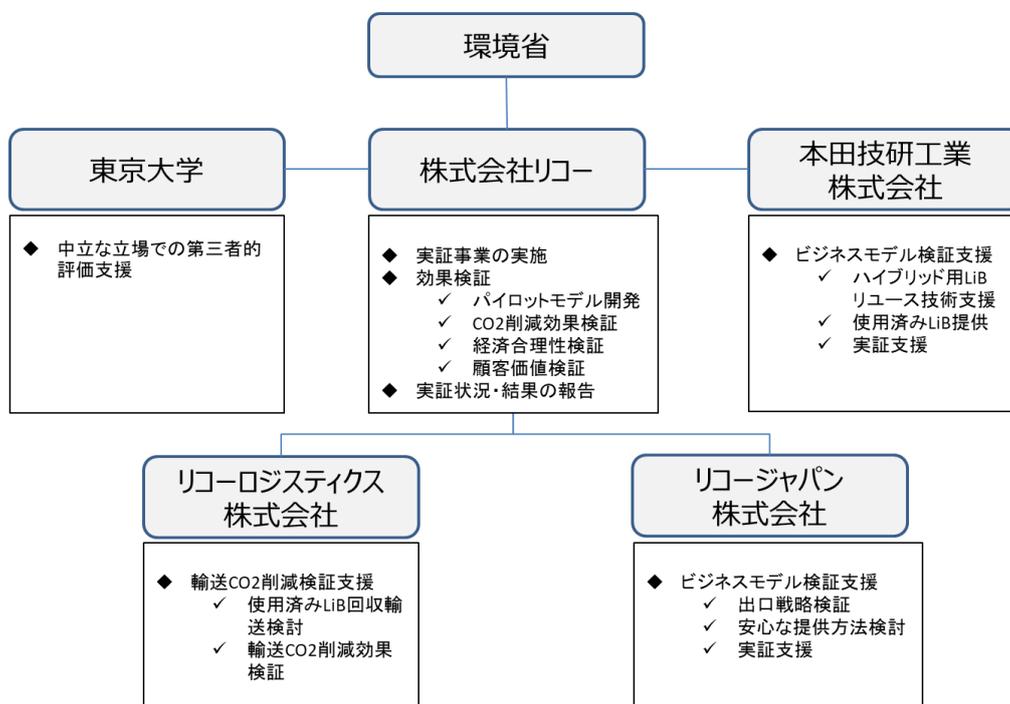


図 1-1 事業の実施体制

## 第2編 ビジネスモデル検証

本編では、廃車時に HEV から回収された使用済み LiB パックを再利用した蓄電機能付きの EV 急速充電器のビジネスモデル案の作成と、その経済合理性について検証する。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(充電器設置者ならびに EV 利用者)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、整理する。

## 第1章 ビジネスモデル考案

### (1) ビジネスフロー

使用済み LiB パックを中心としたリユース・リサイクルの循環フロー図は以下の通りである。廃車となった HEV から取り外された使用済み LiB パックを、ホンダグループとリコ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、リコグループの御殿場リユースリサイクルセンターに集約する。使用済み LiB パックを受入検査・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 パックは、ホンダグループが共同推進する高度リサイクルフローへと循環させ、水素吸蔵合金に再資源化するとともに、将来的には HEV 用の新品 LiB パックの原材料としてマテリアルリサイクルの実現を目指す。

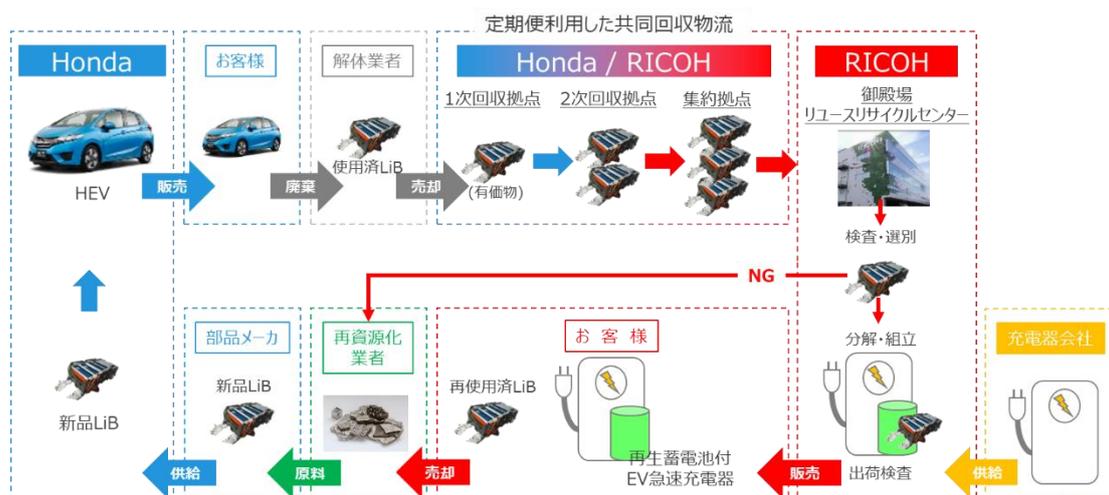


図 2-1 ビジネスフロー図

## (2) ビジネスモデル

お客様は、EV 充電器設置者となる。EV 充電器設置者は大きく2つに分類できる。1つは、ディーラー／高速 SA・PA／コンビニなどの一般車用途向けである。公共充電とも言われ、すでに普及が進んでいる。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。もう1つは、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。

提供商品は、廃車となった HEV から回収される使用済み LiB パックを再利用したリユース蓄電池付 EV 急速充電器である。付帯サービスとして、設置工事ならびに保守メンテナンスサービス、さらに電力販売サービスを提供し、オプションでグリーン電力の供給も可能にする。

お客様への提供価値は大きく4つである。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ニシャ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、さらなるイニシャルコストの低減を図る。3つ目は、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。ビジネスユースの商用車向け事業者の方にも安心してご利用頂ける。4つ目は CO2 削減である。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。

お客様の環境保全(エコロジカル)と事業成長(エコノミカル)を両立させる EV 急速充電器を事業パートナーとともに実現し、循環型社会と低炭素社会の実現に貢献する。

誰に [顧客]	<b>EV充電器設置者</b> (1) 一般車用途:ディーラー/SA・PA/コンビニ - 「充電」は本業の付帯サービス  (2) 商用車用途:営業車/配送車/タクシー - 「充電」は本業の業績に直結
何を [商品・サービス]	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再生蓄電池付EV急速充電器</li> <li>● 設置工事サービス</li> <li>● 保守メンテナンスサービス</li> <li>● 電力販売サービス</li> </ul>
提供 価値	<b>A) 充電時間(ダウンタイム)短縮</b> <b>B) コスト削減</b> <b>C) 24時間・365日保守サービス</b> <b>D) CO2削減</b>
どうやって	<b>① 回収/調達:</b> - 自動車会社より使用済みLiBパック - 充電器会社より急速充電器 <b>② 再生/保証:</b> - リコー(生産会社)にて検査-分解-組立 <b>③ 販売/保守:</b> - リコー(販売会社)にて販売-保守

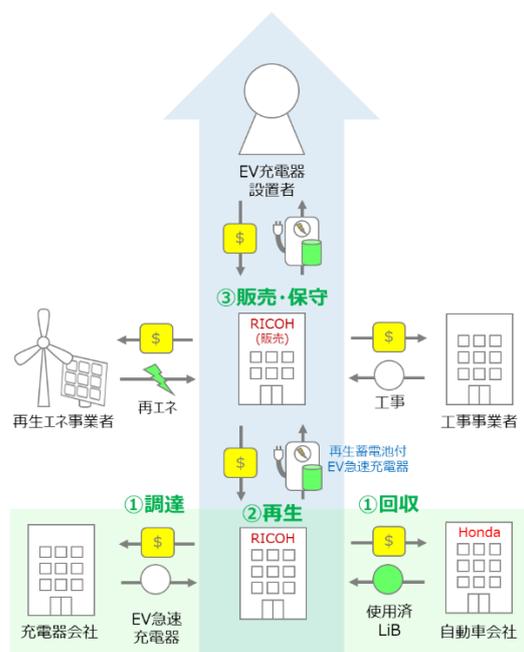


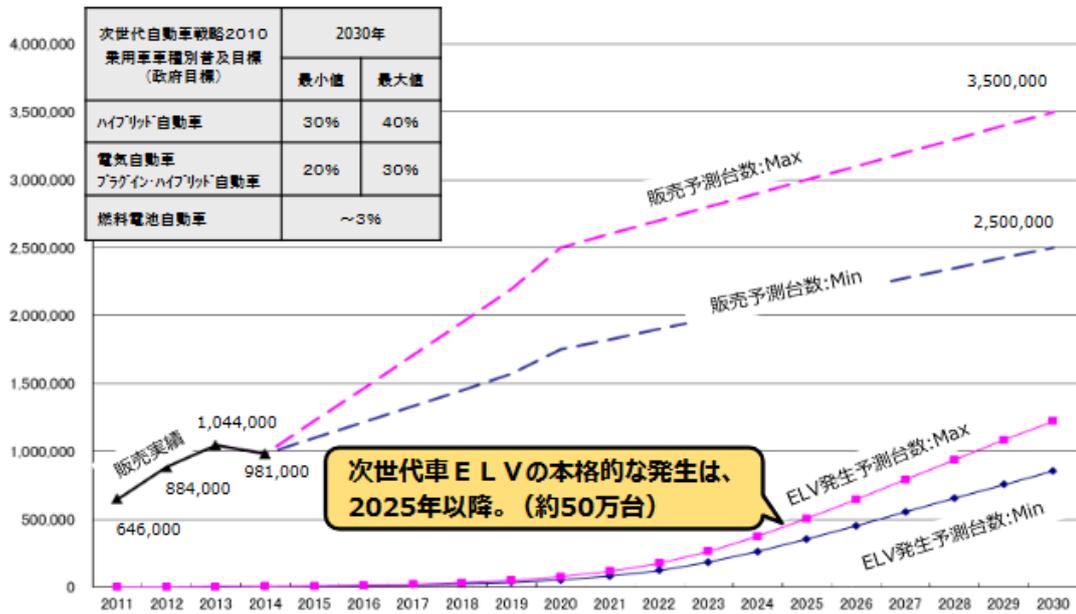
図 2-2 ビジネスモデル図

## 第2章 外部環境分析

### (1) 使用済み LiB の回収見通し

#### 1) HEV の駆動用電池回収見通し

一般社団法人日本自動車工業会(以下、自工会)によると、次世代自動車の販売台数と次世代自動車の廃車発生台数の予測は以下のようになっている。次世代自動車の廃車発生台数は、2020年以降徐々に発生し、2025年に最大50万台に到達し、以降本格発生する見通しとなっている。2030年の予測では、250万台から350万台の廃車が発生する見通しとなっている。(駆動用電池にはLiBだけでなく、ニッケル水素電池が含まれている)



- 注) ①普及見通しは、「次世代自動車戦略2010」の「乗用車車種別普及目標」の政府目標普及率の最大値、最小値を適用、年間販売台数は、毎年500万台とした。またELV発生予測台数は、販売経過年毎の廃車発生率から算出。  
 ②「ハイブリッド自動車」、「電気自動車」、「プラグイン・ハイブリッド自動車」を次世代自動車とした。  
 (次世代車には「クリーンディーゼル車」も含まれるが、通常の使用済み車と同様の処理が可能ことから予測台数には含めず)  
 ③普及台数は2014年実績値を起点として、2020年、2030年計算値との間を直線で結んでいる。

図 2-3 次世代自動車普及見通し・ELV\*発生台数予測

出典: [http://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/haikibutsu\\_recycle/jidosha\\_wg/pdf/046\\_03\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/046_03_02.pdf)

\*ELV:End of Life Vehicle 使用済み自動車

上記の次世代自動車 ELV 発生台数を踏まえて、HEV の駆動用電池の回収規模と回収時期を試算する。新車登録から廃車までの自動車の平均使用年数を12年と仮定し、12年前のHEV販売台数よりHEV廃車台数を推計する。HEV廃車台数に、現状のニッケル水素電池の回収率20%をかけて、HEVの駆動用電池の回収規模を試算すると、2025年時点で18.5万台、2030年時点で32.3万台と推計される。

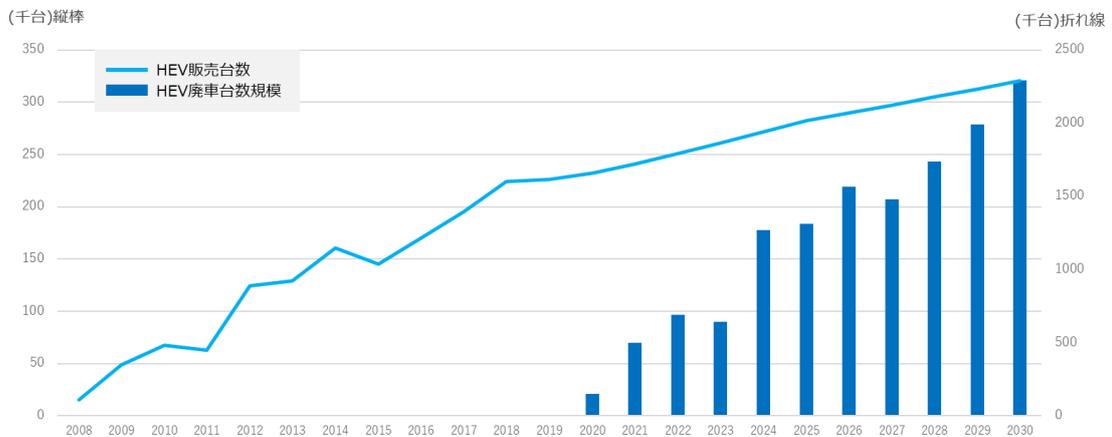


図 2-4 国内 HEV 廃車台数規模推計(リコー試算)

出典:「次世代自動車(乗用車)の国内販売台数の推移」(日本自動車工業会、2018年)、「ホンダの循環型社会への取組」(本田技研工業、2018年9月)、「HEV・EV 関連市場徹底分析調査」(富士経済、2016)、その他公開情報をもとにリコー試算

## 2) HEV 中古車の海外流出

HEV の駆動用電池回収を見通すにあたり、HEV 中古車の海外流出は見落とせない。発売から12年以上経過している自動車メーカーA社 HEV の廃車を、自動車解体業者で目にするのは珍しい。HEV 中古車の主な流出先は、モンゴル、パキスタン、スリランカとなっている。海外における使用済み HEV の最大の人気要因は、やはり燃費である。さらに、MADE IN JAPAN / USED IN JAPAN には、品質の高さへの信頼性もあり人気になっているようである。

HEV 中古車の主要流出先国では当面、HEV 人気が続く見通しと言える。流出先国では、主要都市を中心に大気汚染は非常に深刻であり、自動車の環境負荷軽減ニーズは高いと想定される。カラチ(パキスタン)、ウランバートル(モンゴル)における PM10、PM2.5 値は高い。また、スリランカ、パキスタンでは陸送交通部門の CO2 排出割合が高い。モンゴルでは、2007年より HEV の輸入税撤廃、2012年に特別税の免除が施行され、その後2017年には HEV も特別の課税対象になったが、低環境負荷の HEV 人気は継続している。一方で、スリランカでは2015年に HEV 中心に関税が引き上げられ、EV 税を減税するとともに内燃自動車の生産・販売を禁止しており、EV 化への意向が強くなる見られる。HEV 中古車の主要流出先国では、HEV をはじめ環境負荷の低い車両の人気は継続見込みと言える。

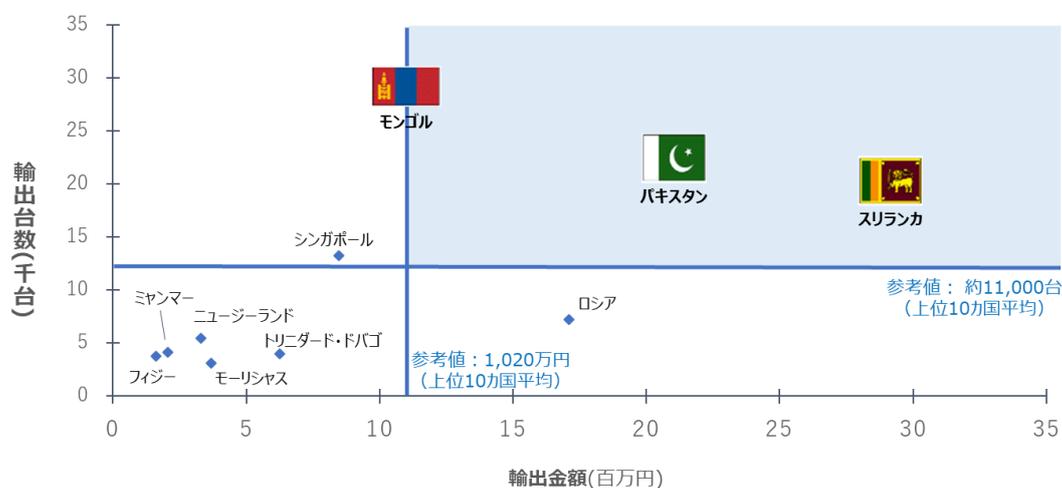


図 2-5 流出先国別の HEV 中古車輸出台数・金額(リコー調べ)

出典:「中古車輸出月次統計」(浜銀総研、2018年1月)、各種公開情報よりリコー分析

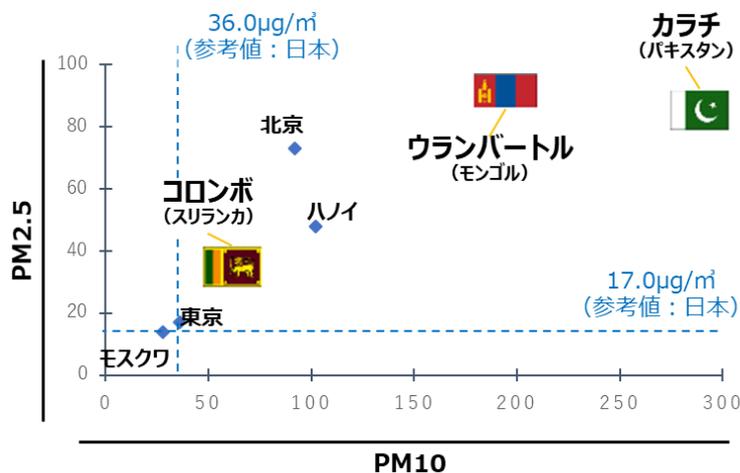


図 2-6 流出先国の主要都市における PM 年平均値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (抜粋)(リコー調べ)

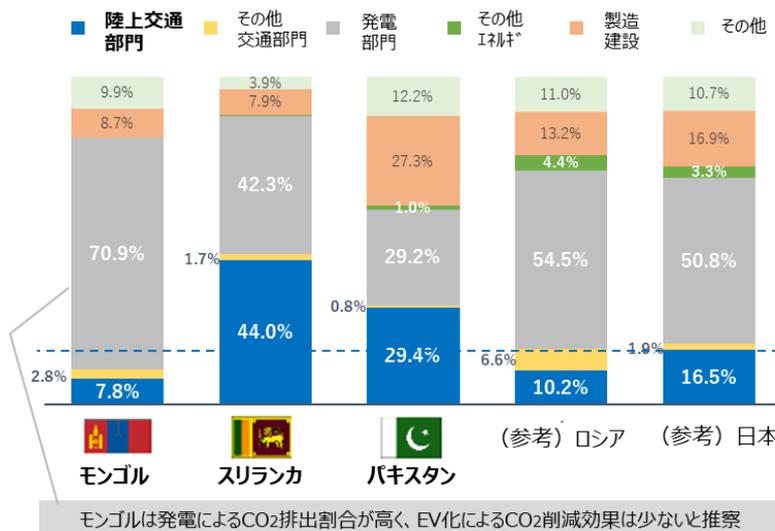


図 2-7 流出先国の交通部門における CO2 排出割合(リコー調べ)

出典：「WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database」WHO (2018)、「CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights」International Energy Agency (2018) よりリコー分析

各国の中古車輸出動向は、当該国における貿易政策や規制動向等により増減の変化があると想定されるものの、輸出台数の総数としては過去数年間に大きな変化はない。図 2-8 に示す。日本からの中古車輸出台数(HEV 以外も含む)の推移とミャンマーへの中古車輸出台数の推移を表している。ミャンマーでは、政府が 2011 年に条件付きで中古車輸入を解禁し、日本からの輸入車が急増した。その後、2016 年には環境保全と渋滞緩和の観点から、ミャンマー政府は自動車の輸入を制限し、2018 年には中古車政策として、右ハンドルの自動車の輸入が禁止され、実質、日本からの中古車輸入が不可能になった。ミャンマーへの中古車輸出台数は大きく増減しているものの、日本からの中古車輸出台数には数年大きな増減は見られない。各国ご

との日本からの中古車輸出台数は増減するものの、輸出台数の総数としては一定割合が流出し続ける傾向であると言える。それは一方で、国内に一定割合が残ることを意味している。現状、HEV 回収率の目立った増減要因は見当たらず、現状のまま推移すれば、HEV の駆動用電池は想定通り回収できると見立てられる。

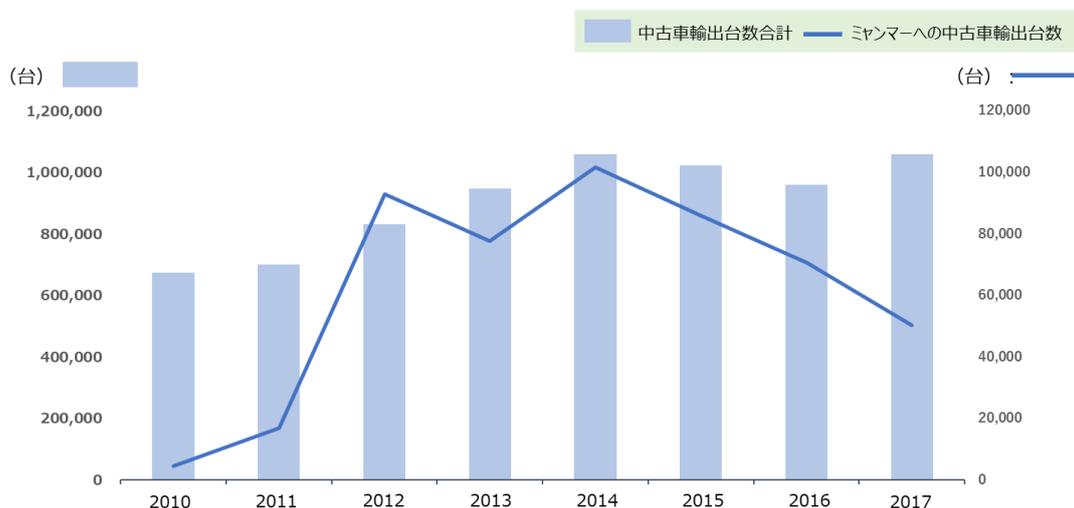


図 2-8 日本からの中古車輸出台数推移(HEV 以外含む)(リコー調べ)

出典:財務省 貿易統計よりリコー分析

### 3) HEV の駆動用電池回収に関する取組み

日本国内における HEV の駆動用電池回収に関する取組みを整理する。まず、HEV の駆動用電池に関する規制・政策についてである。2000 年「循環型社会形成推進基本法」により、大量生産・消費型の経済活動から、環境と経済を統合した持続可能な発展を志向する「循環型社会」を目指すことを明言し、「循環型社会形成推進基本計画」(2003 年に第 1 次計画/5 年ごとに見直し)にて中長期的な方向性と指標・数値目標を設定している。2013 年の第 3 次計画では、次世代自動車普及を見据えて、レアメタル回収量・リサイクル効率向上を明示し、施策検討を開始している。HEV の駆動用電池回収に関する具体的な規制としては、2012 年に自動車リサイクル法が一部改正され、事前回収物品としてニッケル水素電池、LiB 等が追加となり、自動車各社は、自らが製造又は輸入した自動車が使用済みになった場合に、HEV の駆動用電池を回収するとともに、回収物は技術的かつ経済的に可能な範囲で再資源化を自ら行うか、再資源化を業として行うことができる者に引き渡すことが義務付けられている。また、自動車各社には、HEV の駆動用電池の回収費用の負担も義務付けられており、大きな負担になることが想定される。

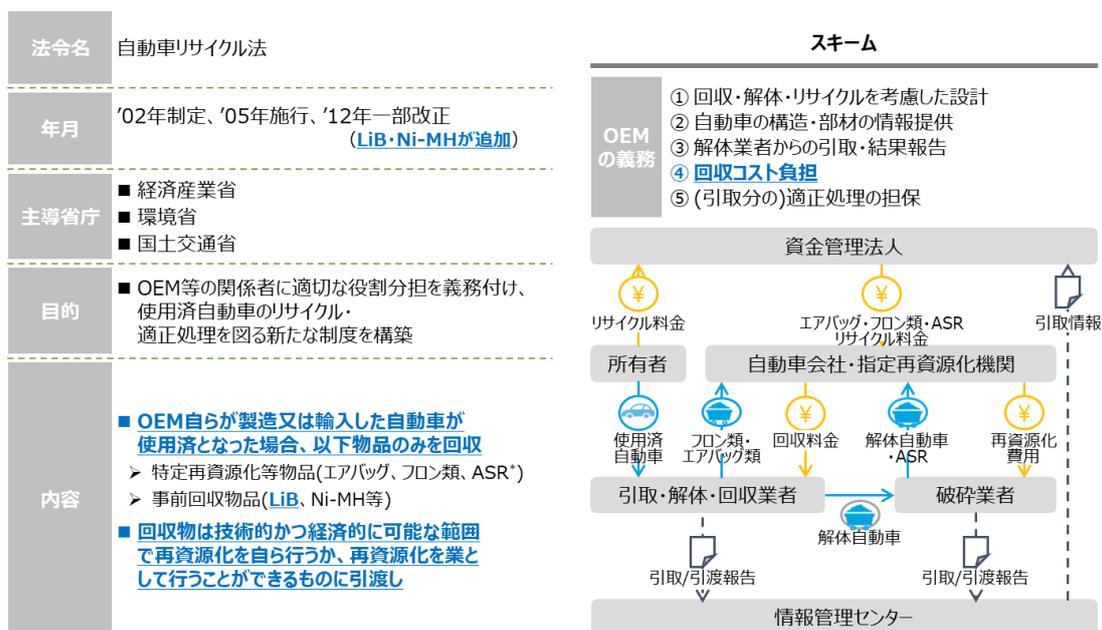


図 2-9 LiB 回収に関する規制(リコー調べ)

出典：「使用済自動車の再資源化等に関する法律」(2002年7月、環境省)、「施行規則改正」(2012年2月、環境省・経産省)、

\*: Automobile Shredder Residue=使用済み自動車を破碎した後に残る残さ

2018年10月より、自工会はHEV・EVに搭載されている駆動用電池の共同回収システムの運用を開始した。異なるメーカーの車両から出る駆動用電池の回収輸送や再資源化処理を一元化することによって効率化を図る狙いである。将来的には、他企業との連携を通じて、リユース・リビルドへの対応も視野に入れ検討している模様である。自動車再資源化協力機構が窓口となり、実務の担当となっている。

#### 4) 自動車各社のHEV駆動用電池の再利用に関する取組み

自動車各社のHEV駆動用電池の再利用に関する取組み概要を記載する。各社ともにHEVの駆動用電池のリサイクルだけでなくリユースにも積極的に取り組んで、実証事業を進めている。

自動車会社A社は、2017年3月にリサイクル会社を設立し、廃車となったHEVのニッケル水素電池やLiBを効率的に回収し、リサイクルする仕組みを構築している。2018年には1月には、電力会社との間でHEV用バッテリーのリユース・リサイクルに関する基本合意書に締結した。電力会社は、HEVから回収した駆動用電池を蓄電池システムとしてリユースし、電力系統における様々な課題に活用し再生可能エネルギーの大量導入に伴う需給バランスの変動への的確な対応や電力系統の更なる合理的運用に向けた取り組みを推進する。

自動車会社B社は2010年9月に、総合商社と共同で駆動用電池の2次利用に係わる合併会社を設立した。家庭及び企業向けの定置型蓄電池としての再利用を検討。2018年3月には、EV用の使用済みLiBの再製品化工場を福島県浪江町に新設した。使用済みLiBを回収・診

断し、状態の良い LiB は EV の交換用再生電池としてリユースする予定である。駆動用電池の劣化状態に応じ、大型蓄電システムや電動フォークリフト等への用途展開も計画である。

#### 5) HEV の LiB 回収見通し

HEV の LiB の回収見通しについては、今後も市場動向に注視していかなければならないが、現状のまま推移すれば、2025 年以降に本格化し一定量の回収は可能であると見立てている。LiB は、ニッケル水素電池に比べてリユース・リサイクル面でも需要が低く、熱暴走による発火など危険リスクもあることから、扱いにくく利用用途も少ないため、その回収規模はニッケル水素電池よりも増加する傾向になりやすいと予想される。実際に、数社の自動車中古部品業者にヒアリング調査を実施したが、ニッケル水素電池よりも LiB を好んで、リユース・リサイクルする事業者は現時点では見当たらなかった。HEV の LiB は製品寿命が長いいため、自動車の交換用再生電池としての需要もない。また、LiB はニッケル水素電池よりも、電池内に含まれるコバルトやニッケルなどの希少金属の含有率が低く、再資源化したがる事業者が少ない。リユース・リサイクル面、安全面から LiB は、ニッケル水素電池に比べて厄介な処理困難物と言える。

### (2) 国内 EV 市場

日本国内の EV 普及は難航している。2017 年の販売実績値では、HEV:137 万台(31.2%)に対して、EV:1.8 万台(0.41%)、PHEV:3.6 万台(0.82%)に留まっている。

日本政府は、2030 年までに乗用車の新車販売台数に占める EV・PHEV 割合を 20-30%とする目標を掲げているが、市場では 5-10%前後と見込まれている。国内のモデル別 EV 販売台数では、普通車の販売台数が圧倒的であり、バス・トラック・小型バン等の商用用途モデルの販売台数は限定的である。

EV 利用者のニーズ充足について考えると、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、普通車が中心であるものの、商用用途の小型車やトラックも一部ラインナップ増加が見込まれている。商用車用途での EV 普及の可能性は無視できない。

	購入時:価格	利用時:航続距離	充電時:充電インフラ
一般車用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 8割が250万未満のEV価格希望 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 車両価格単体でのニーズ充足は困難である可能性あり</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ガソリン車並みの航続距離(320km~)を期待 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 電池性能向上には限界あり</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 急速充電器設置台数は増えているものの、利用者の許容度は低い</li> </ul>
商用車用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ インシタルだけでなく、<b>修理頻度・交換部品費まで含めたトータルコスト</b>での経済合理性へのニーズ大</li> <li>■ 走行距離の長い商用車ではトータルコストで経済合理性が成立する可能性あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 目的地に対応可能な走行距離のニーズ大</li> <li>■ ゼロエミッションへの対応</li> <li>■ 商用車では範囲・ルートを限定や適切な配車によりニーズ充足可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 充電時間によるダウンタイムの最小化ニーズ大</li> <li>■ 商用車では急速充電器の導入や充電タイミング・場所の最適化で充足可</li> </ul>

図 2-10 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)

最後に、EV導入の経済合理性について簡単に試算する。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。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。また、EVバスに関しては複数研究・実証実験(「都市モビリティの主役となる次世代バスシステムの提案」(国際交通安全学会)、「超軽量電気自動車による運輸部門の省エネルギー効果」(東京大学工学部)等)より、現時点での経済合理性の成立は困難であるとの結論のため試算の対象外とした。

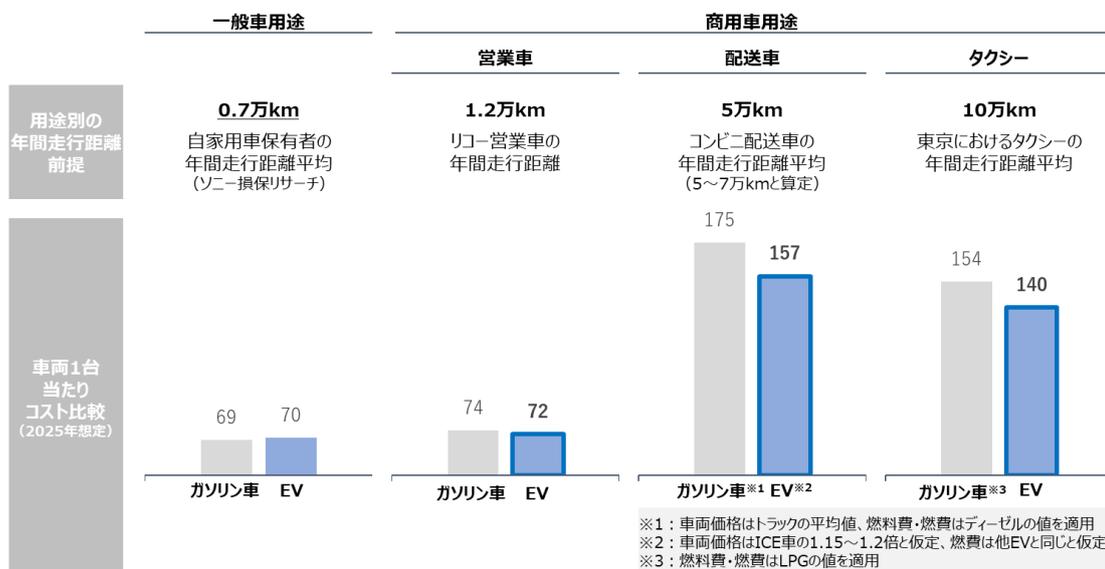


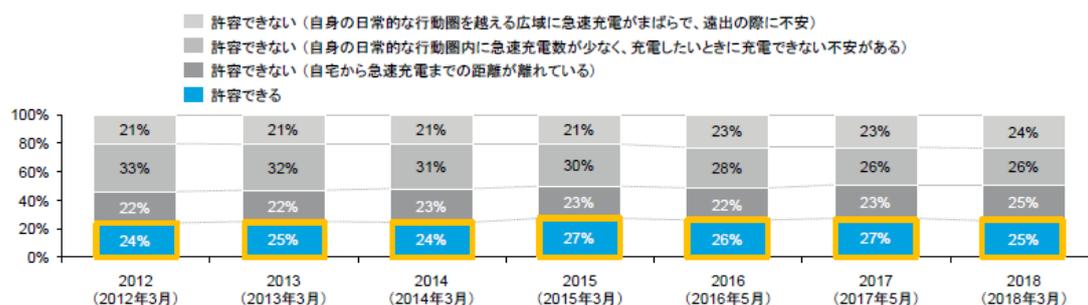
図 2-11 用途別のEV導入コスト試算(車両1台当たりコスト比較)(リコー試算)

### (3) 急速充電器市場

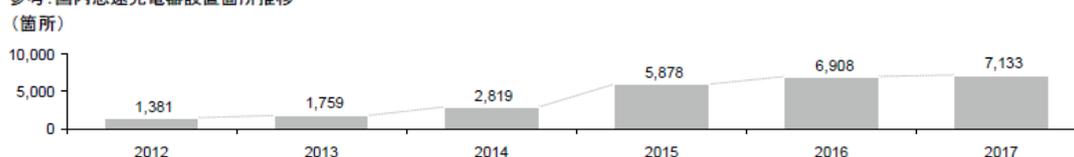
漸増する EV・PHEV に対して、急速充電器は 2020 年までに 5,000 台の設置目標を超過し、9,500 台に達しており、公共充電として普及している。しかしながら、EV 利用者の許容とは依然として低いままである。

問:あなたが現在EV購入を検討するにあたり、現状の急速充電器設置状況は許容できますか？

(N=2,075)



参考:国内急速充電器設置箇所推移



出所:「次世代車に関する消費者意識調査」(Deloitte, 2017年)

図 2-12 EV 購入許容推移と EV 急速充電器設置推移

出典:「次世代車に関する消費者意識調査」(Deloitte, 2017年)

急速充電器メーカーの動向を簡単に記載する。急速充電器メーカーのグローバルシェアでは、日系メーカーが高シェアで上位に食い込んでいる。各社ともに、急速充電器などの EV 関連事業は成長領域として位置づけて、積極投資をしている模様である。

急速充電器の商品開発も進んでおり、CHAdeMO1.2<sup>®</sup>に対応した高出力タイプの急速充電器や蓄電池内蔵型急速充電器も実用化されている。また、CHAdeMO<sup>®</sup>や NEDO が取り組む 150kW 級の超急速充電器は実証段階にあるものの、150 kW 超ではコネクタケーブルの冷却システムが必要であるために、導入コストの増加が懸念されている。一方、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、併せて超急速充電器の普及が期待されている。

急速充電器が充足し得る EV 利用者のニーズやメリットを鑑みると、EV 利用者≠充電器設置者となる一般車用途よりも、EV 利用者=充電器設置者となる商用車用途の方が、急速充電器の需要がありそうである。今後、商用車用途にて EV 普及が進んでくると、急速充電器の更なる普及が期待される。さらに、次世代の高出力タイプの急速充電器が普及し始めると、電力料金の抑制や電力需給バランスの安定化が必要となりアシスト蓄電機能が必要不可欠になってくると考えられる。

### 第3章 顧客分析/顧客の採算性検証

#### (1) 顧客分析

顧客は EV 充電器設置者となる。EV 充電器設置者は大きく 2 つに分類でき、設置者と利用者が異なる一般車用途向けと、設置者と利用者が一致する商用車用途向けがある。それぞれの特性やニーズは図 2-13 の通りである。

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(充電時間短縮/コスト低減/環境価値)は、特に商用車用途のニーズ充足に適していると推察する。

	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"> <li>▶ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 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</li> </ul>
設置者ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ダウンタイム(充電時間)は最小化する必要あり</li> <li>■ 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</li> <li>■ 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</li> </ul>
利用者ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ N/A (利用者ではないため)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ EV車両価格の高さを敬遠</li> <li>■ ダウンタイム(充電時間)の長さを敬遠</li> <li>■ 航続距離の短さを敬遠</li> <li>■ ゼロエミッション(環境保全)の対応</li> </ul>
採算性検証の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 急速充電器のコスト比較</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 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</li> </ul>

図 2-13 顧客のニーズと経済合理性への考え方

#### (2) 顧客の経済合理性検証

一般車用途向け顧客と商用車用途向け顧客それぞれの経済合理性の検証を行う。それぞれの顧客で経済合理性の考え方が異なる。前者は、売電を顧客へのサービスと考え、売電自体の採算性は考慮しない。つまり、既存の急速充電器とのコスト比較により経済合理性を判断する。後者は、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で経済合理性を判断する。

##### 1) 一般車用途

リユース蓄電池付 EV 急速充電器は、次世代の高出力タイプの急速充電器(90 KW)と比較しても、生涯のトータルコスト(インシヤルコスト+ランニングコスト:6 年間)で経済合理性が高く、約 400 万円のコスト削減になる。インシヤルコストではリユース蓄電池付 EV 急速充電器は、変電設備が不要となりコストダウンになるとともに、ランニングコストではリユース蓄電池付 EV 急速充電器は、アシスト機能による電力料金のピークカットで高圧契約から低圧契約に下げられ

るためコストダウンになる。リユース蓄電池付 EV 急速充電器はコストダウンを実現しながら、充電時間(ダウンタイム)短縮と CO2 削減の 3 つを同時実現する。

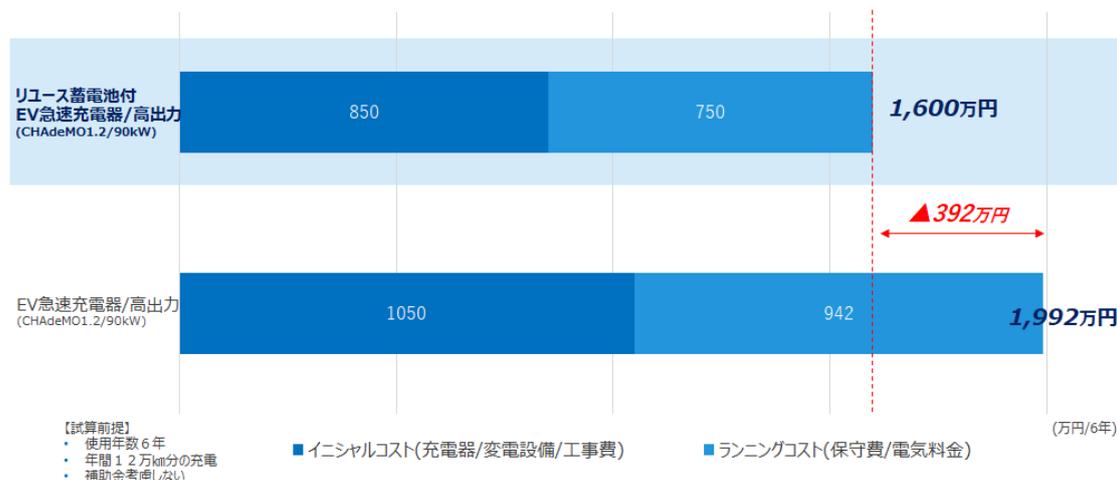


図 2-14 一般車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

## 2) 商用車用途

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。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 2-15 の通りである。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。

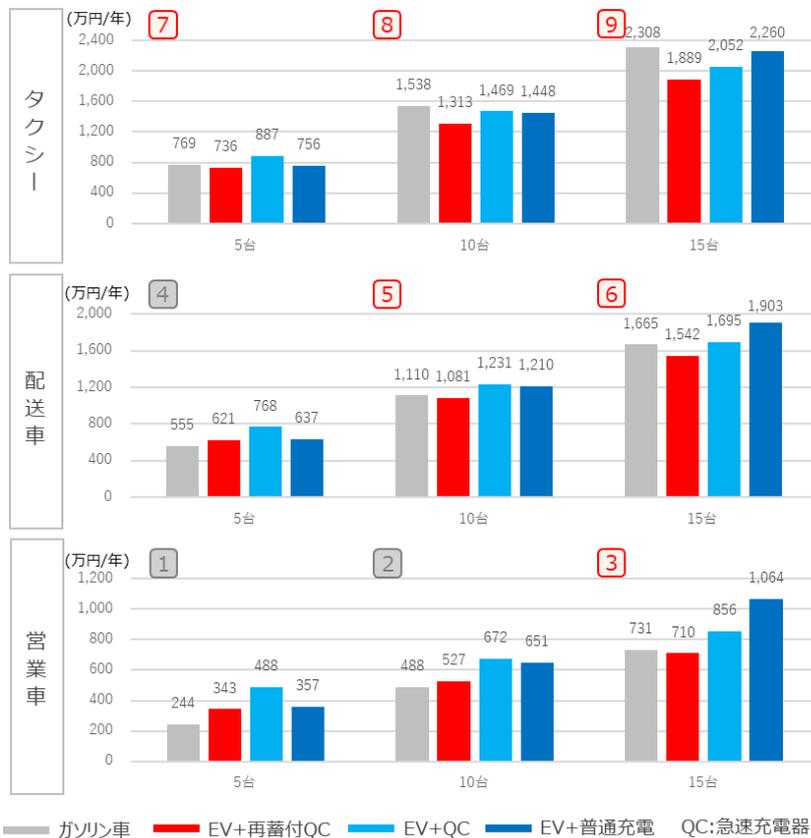
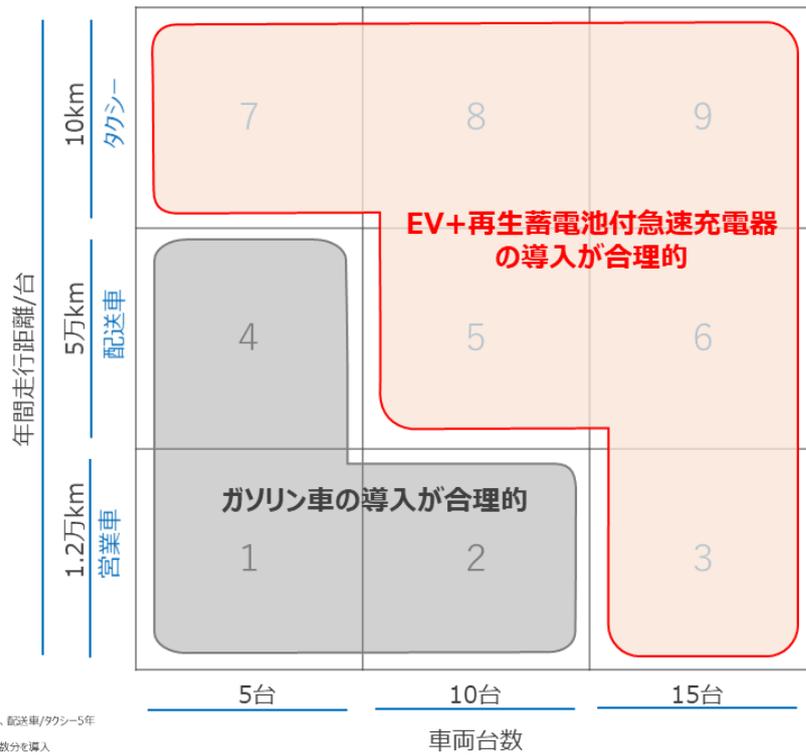


図 2-15 商用車用途でのリユース蓄電池付 EV 急速充電器の経済合理性(リコー試算)

図 2-15 に示した商用車用途でのシミュレーションで、最も影響力が大きかったパラメータは EV 車両価格である。2025 年以降を想定して、EV とガソリン車の車両価格差を 100 万円程度に想定した(補助金考慮する)。EV の車両価格が航続可能距離の伸長とともに上昇してしまうと、すぐに EV の経済合理性はひっくり返ってしまう。EV の車両価格のコストダウンは EV 普及には必要不可欠である。また、EV 利用者側の運用の工夫も、EV 普及には必要不可欠である。一度の充電で満充電にしようとせず、5 分の急速充電による継ぎ足し充電を、空き時間などにうまく利用して充電させていく工夫をして、EV とうまく付き合っていくことも大切である。そのような運用の工夫ができるようになるためには、まだまだ急速充電器の台数が足りていないのが現状である。

オペレーションの中で、EV をうまく使いこなしている事業者も現れ出している。タクシー事業者には、LPG タクシーから EV タクシーに切り替えて、営業機会損失をせずにコストダウンを実現して成功している事業者が出てきている。31 台のタクシーのうち 8 台を EV タクシーに切り替え、燃料費のコスト削減はもちろんのこと、オイルやブレーキパッドなど定期交換部品などの維持費のコスト削減で、事業に大きく寄与しているとのことである。EV タクシーの導入には賛否両論あるが、EV 車両の性能向上や営業オペレーション工夫によっては、今後 EV タクシーを導入する事業者が増えるかもしれない。

(本編のまとめ)

本編では、ビジネスモデル案の構築と対象顧客の経済合理性について検討を行ってきた。ビジネスモデルでは、異業種のメーカーが寄り添い協力し合うことで、リユース蓄電池付き EV 急速充電器という今までにない商品と社会的にも意義のある価値創造を実現することができそうである。今後も目先の利益をただ追うのではなく、社会課題を解決し得る事業であることを忘れずに、事業化を確実に進めていく。市場においても、使用済み LiB の回収市場、国内 EV 市場、急速充電器市場ともに 2025 年頃をめどに本格化してくる見込みである。

回収面では、HEV 中古車の海外流出は注意深く観察し続ける必要があるものの、現状の輸出状況や LiB の取り扱いから、回収市場に溢れてくるという見立ては変わらない。EV ならびに充電器の市場性は、EV 急速充電器が充足し得る EV 利用者のニーズやメリットを鑑みると、EV 利用者≠充電器設置者となる一般車用途よりも、EV 利用者=充電器設置者となる商用車用途の方が、急速充電器の需要がありそうである。今後、商用車用途にて EV 普及が進んでくると、急速充電器の更なる普及が期待される。さらに、次世代の高出力タイプの急速充電器が普及し始めると、電力料金の抑制や電力需給バランスの安定化が必要となりアシスト蓄電機能が必要不可欠になってくると考えられる。

続いて、リユース蓄電池付き EV 急速充電器の導入した場合の顧客の事業採算性である。一般車用途の設置者では、リユース蓄電池付き EV 急速充電器は、アシスト用蓄電池のない一般的な急速充電器に比べて、イニシャル面でもランニング面でもコストダウンとなり、採算性が向上する。商用車用途の設置者では、条件付きであるが車両台数と走行距離がある一定以上になると、EV とリユース蓄電池付き急速充電器の導入が最も経済合理性が高くなり、

ガソリン車よりもEVに乗り換えリユース蓄電池付き急速充電器を導入することで事業採算性が向上する。コスト面での顧客導入メリットもあると言える。

リユース蓄電池付き急速充電器の普及は、EV車両開発の進展と相まって、EV普及の後押しになり得ると考えられる。これは自動車産業における循環型社会と低炭素化社会の貢献に、大きく寄与するものであると言えるはずである。

### 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のある有機溶媒で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 パックを効率的かつ安全な輸送方法を確立するために、使用済み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 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がってくるが、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)であるので、使用済み LiB パックは廃棄物ではなく、有価物として回収運搬するためである。また、廃棄物となる使用済み複写機を運搬する車両に、有価物を混載することも法令上問題ない。一方で、LiB 内の電解液は引火性のある有機溶媒であり、消防法上危険物に該当する。そこで、本章では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

本実証では、使用済み LiB パックの仕様を以下のように仮定する。

表 3-1 新品 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

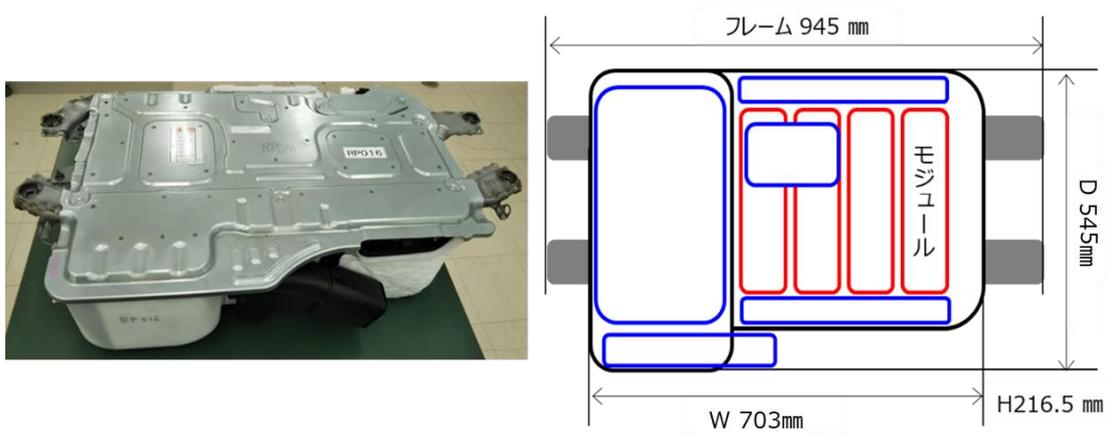


図 3-1 LiB パックの外観写真と寸法

## (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してみなし、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。

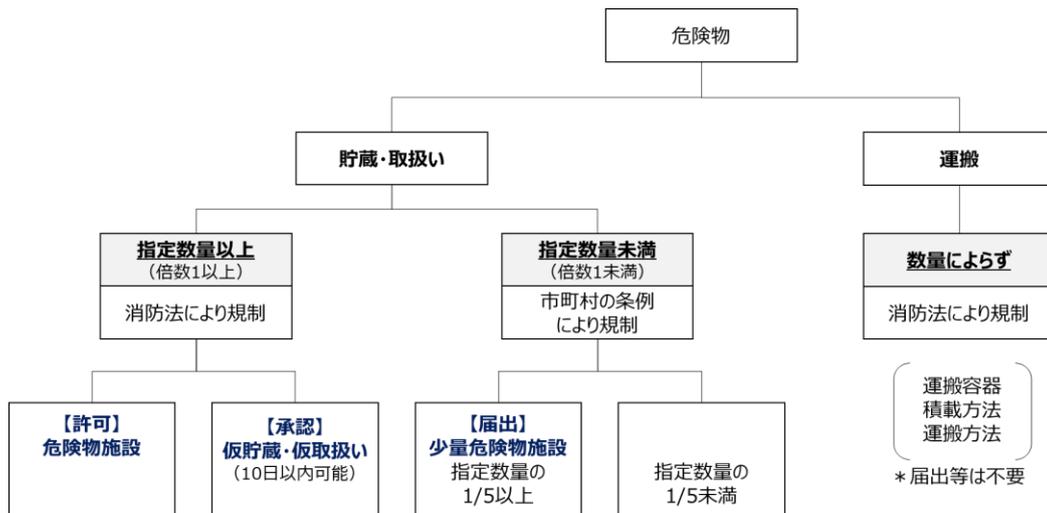


図 3-2 危険物規制の体系(リコー調べ)

(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。

(4) 本実証での運搬に係わる法令対応について

日本での危険物輸送規則は海上輸送では「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。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。

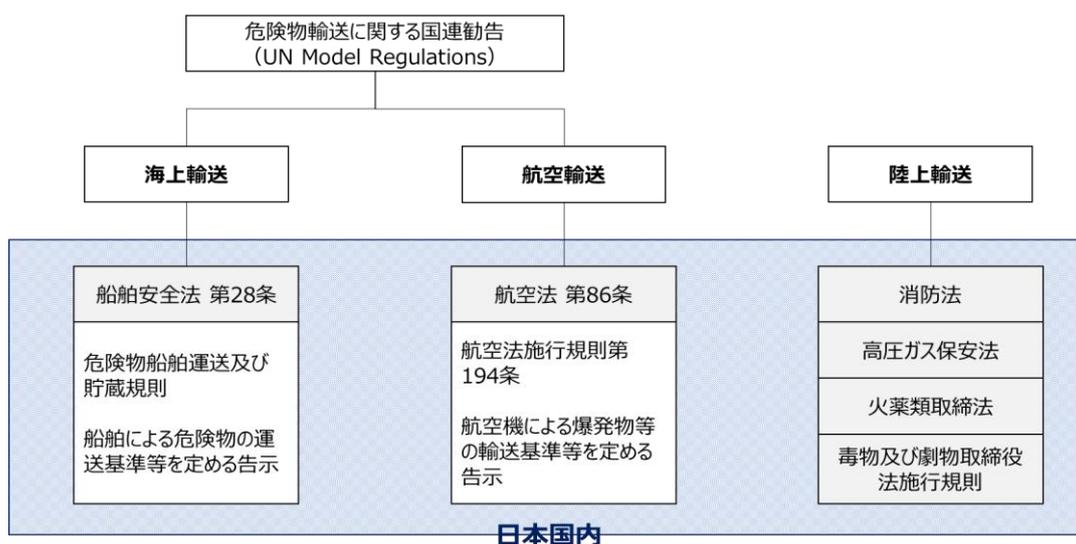


図 3-3 危険物輸送の体系(リコー調べ)

ただし、本実証での LiB パックの輸送では、国内市場のみを想定しており、また使用済み複写機の回収は航空輸送・海上輸送は利用しないため、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るため、消防法への法令対応が必要と考える。

使用済み LiB パックの輸送に関する規制について、管轄消防署へ相談を実施し法令確認とアドバイスを受けた。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るため、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、使用済み複写機を回収する定期便の空きスペースを利用して、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、本実証の事業において、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。

今後の課題としては、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。

## 第2章 安全な輸送品質基準の検証

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、まず耐震・耐衝撃性を考慮した専用簡易包装を設計し効果検証する。次に専用簡易包装以外にも、複写機のリユース部品を運搬するための治具を利用した梱包やエアキャップのみの簡易梱包も用意して、長距離輸送試験を実施し回収輸送品質を検証した。今回の輸送試験は、使用済み複写機の回収集約拠点から再生拠点までの輸送を想定し実施した。以下、試験結果をまとめる。

#### (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、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、「エレクターパイプ式循環ラック」を採用した。

エ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が、積載効率と輸送作業の安全性を考慮し採用した。

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(仮)	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	ハーブパレット	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	○	○	△	△

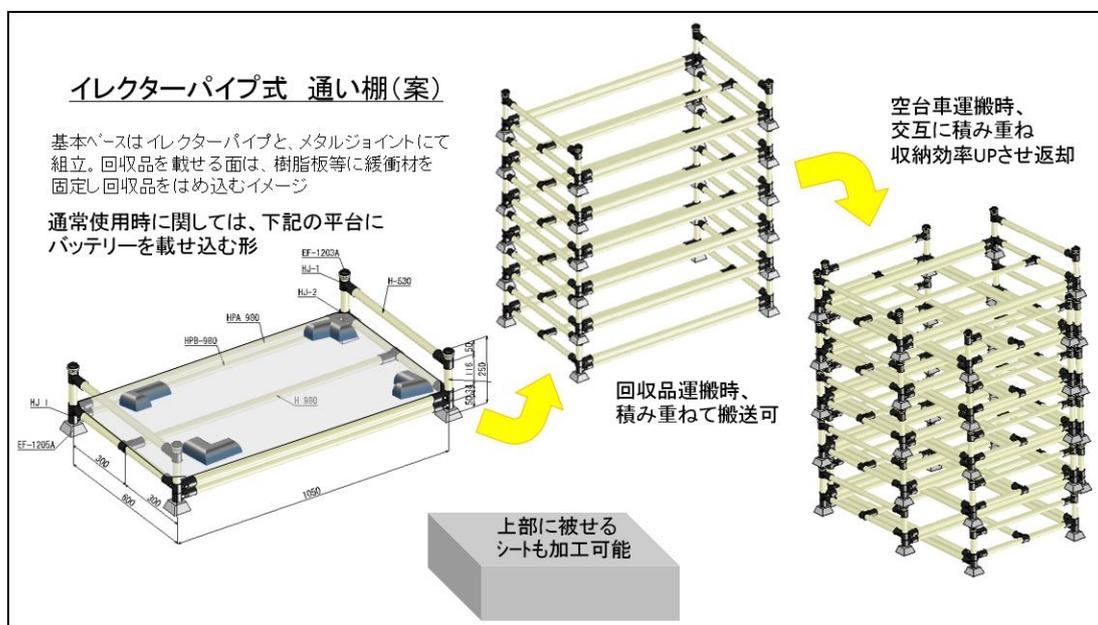


図 3-4 イレクターパイプ式循環ラック構想案

(2) イレクターパイプ式循環ラックの振動・衝撃試験

1) 試験目的

イレクターパイプ式循環ラックの包装設計評価

2) 試験概要

日時： 2018 年 12 月 19 日(水)

場所： (株)リコー 大森事業所 プレラボ棟 (東京都大田区中馬込 1-3-6)

対象物： イレクターパイプ式循環ラック+ダミー電池パック

(本試験では、パック内の LiB モジュール部分は抜き取り、同重量のダミー電池とした)

重量： 55.5 kg



図 3-5 イレクターパイプ式循環ラック+ダミー電池パック

3) 試験内容

規格： JIS Z0200

実施試験： 振動実験、衝撃試験(水平・落下)

流通条件区分： レベル 2…長距離の国内輸送又は国際輸送で、温帯気候における適切な輸送に設定し、試験内容を検討した。

表 3-3 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。

① 振動試験

試験室環境	22.6 °C / 34.6 %(R.H.)	
供試数	1 台	
使用機器	振動試験装置 : G-6230-1LT-115(振研)	
試験条件	■ランダム波	【1】0.59 Grms / 90 分 / z 方向 / 1 回 【2】0.59 Grms / 20 分 / z 方向 / 1 回
	□サイン波	
	□その他	
備考	<p>・PSD は JIS Z0200 プロファイルを使用(3 Hz~200 Hz)</p> <p>【1】…ラックにベルト固定あり</p> <p>【2】…ラックにベルト固定なし</p> <p>・試験台 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)</p>	



写真 3-1 ランダム振動試験(ベルトあり)



写真 3-2 ベルト固定



写真 3-3 跳ね上げ振動試験(ベルトあり)



写真 3-4 落下防止用具固定

② 衝撃試験(水平)

試験室環境	22.6 °C / 34.6 %(R.H.)	
供試数	1 台	
使用機器	水平試験装置:DB-HITS-1100(ラスモント社)	
試験条件	<input checked="" type="checkbox"/> 正弦半波	速度変化 1.5 m/sec
	<input type="checkbox"/> サイン波	
	<input type="checkbox"/> その他	
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験は 4 側面(水平衝撃①~④)行い、順序は写真2-8参照</li> <li>・応答加速度計測あり</li> <li>・詳細波形データは次項</li> </ul>	



写真 3-5 衝撃試験



写真 3-6 衝撃試験



写真 3-7 加速度ピックアップ取り付け

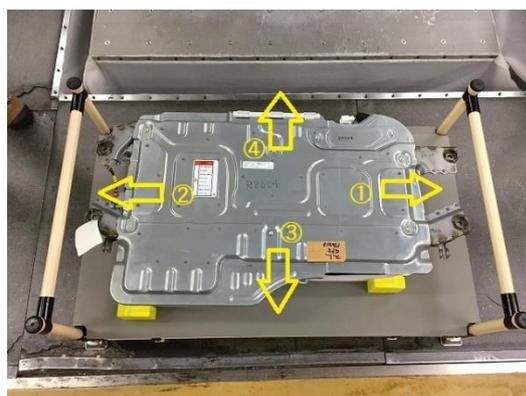


写真 3-8 試験順序

<波形データ>

使用済み LiB への最大加速度は、6.47 G(水平衝撃①)～8.55 G(水平衝撃③)である。

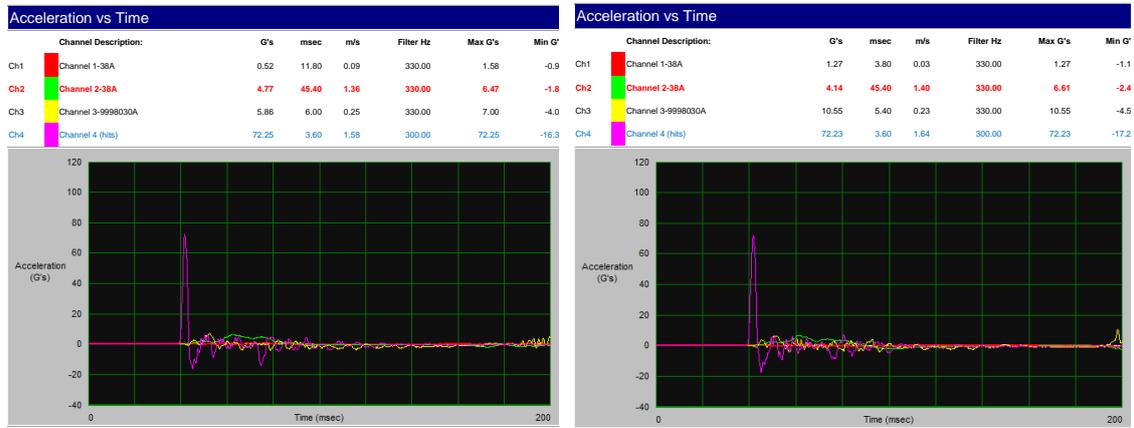


図 3-6 水平衝撃①

図 3-7 水平衝撃②

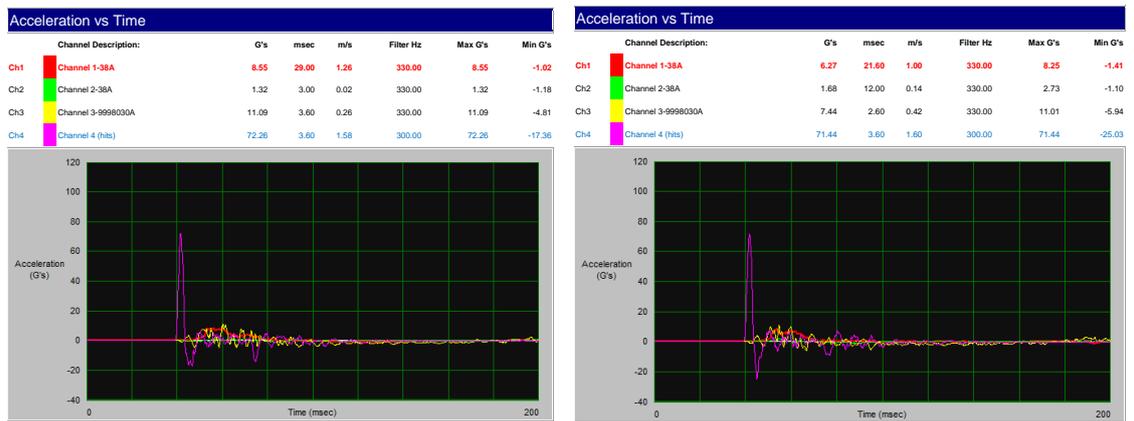


図 3-8 水平衝撃③

図 3-9 水平衝撃④

### ③ 衝撃試験(落下)

試験室環境	22.6 °C / 34.6 %(R.H.)	
供試数	1 台	
使用機器	垂直落下試験装置:チヨダ工業 1000 型	
試験条件	試験方法	自由落下
	落下高さ	30 cm
	落下回数	3 面方向(1 回)
備考	・応答加速度計測あり	



写真 3-9 3 面方向の落下試験

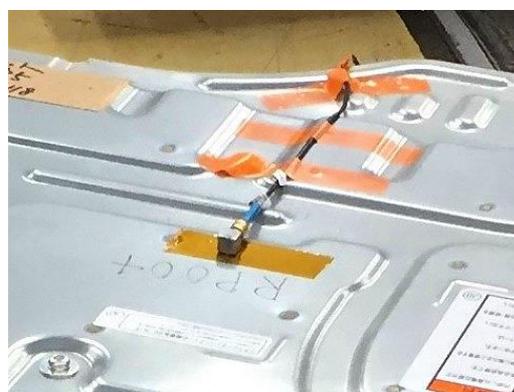


写真 3-10 加速度ピックアップ取り付け

#### <波形データ>

使用済み LiB への最大加速度は、56.96 G である。



図 3-10 落下衝撃 底面

#### 4) 試験結果

振動・衝撃試験で使用済み LiB パックの外観、付属部品の破損はなかった。イレクター式循環ラックの包装設計評価は、使用済み LiB パックを積載した樹脂板の擦れ(写真 3-11)、インシュロックによる樹脂板固定箇所への伸び(写真 3-12)が発生したが、その他、破損、歪み、固定箇所の緩みは発生せず、各試験の結果、包装機能の損失はなく、JIS Z0200 レベル 2(長距離国内輸送)を満たす包装設計であると判断し、実輸送試験を実施する。

#### 5) 今後の取り組み

本試験にて、包装機能の損失はなかったものの、インシュロックによる樹脂板固定箇所の伸び(写真 3-12)については、繰り返し使用にて固定機能を損失する可能性が推測され、実運用に向けては、固定箇所の増加や固定方法変更等の仕様変更を検討する必要がある。衝撃試験(落下)において、落下後に保持パット部の高さを越える製品の“跳ね”を確認した(写真 3-13)。実運用に向けては、使用済み LiB パック保持用のベルトを設けるなど、固定方法を検討する必要がある。



写真 3-11 樹脂板の擦れ



写真 3-12 固定バンドの伸び



写真 3-13 落下時の跳ね

(3) 使用済み LiB パックの長距離輸送試験

1) 試験目的

専用簡易包装のイレクターパイプ式循環型ラックでの使用済み LiB パックの長距離輸送にて、品質・安全面と効率面の評価

a) 品質・安全面

- ✓ 長距離の実輸送による使用済み LiB パック、包装材の品質評価
- ✓ 複写機と混載輸送した荷崩れがないことの確認

b) 効率面・・・第 3 章に関連

- ✓ 複写機混載での積載効率評価、荷役作業の効率性評価

2) 試験概要

a) 日時： 2019 年 1 月 9 日(水)～11 日(金)

b) 輸送区間： 約 1,100 km

SBS 三愛ロジスティクス(株) 九州 (佐賀県鳥栖市) ～

(株)リコー リコー環境事業開発センター (静岡県御殿場市)

c) 対象物:

【A】イレクターパイプ式循環ラック 4 段積み

(LiB パック 4 台)

d) 比較物:

【B】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 2 段積

(LiB パック 4 台)

【C】エアキャップ平積

(LiB パック 1 台)

e) 混載物： 使用済み複写機 33 台

f) 総重量： 4,320 kg

g) 車両： 10 トントラック



写真 3-14 【A】イレクターパイプ 4 段積



写真 3-15 【B】オリジナル  
メッシュパレット 2 段積



写真 3-16 【C】エアキャップ平積

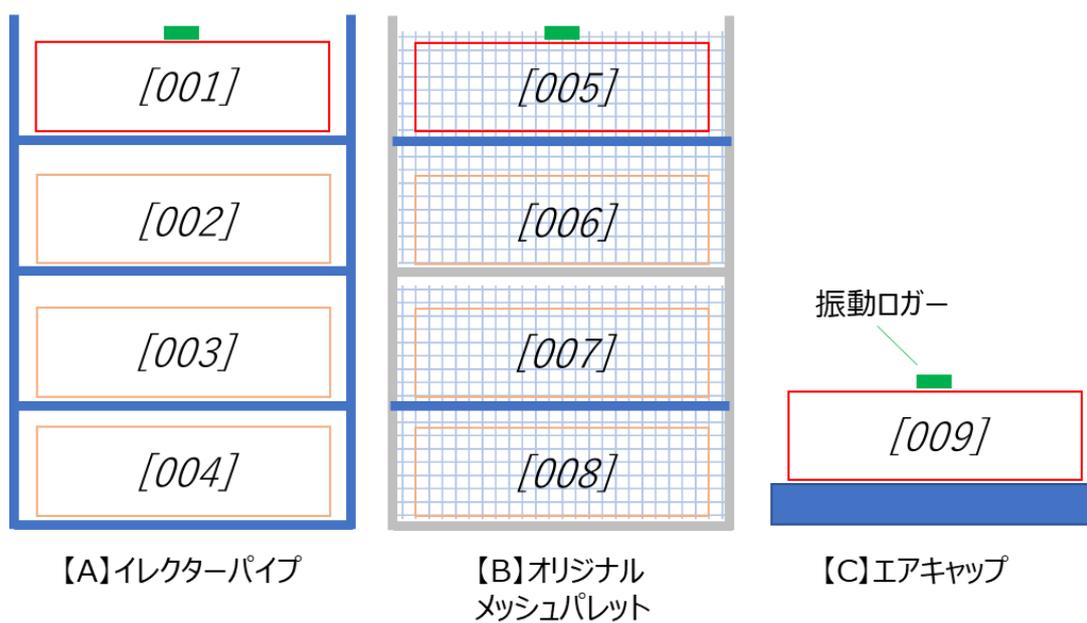


図 3-11 実験対象物の積載イメージとLiB の試験番号

### 【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。

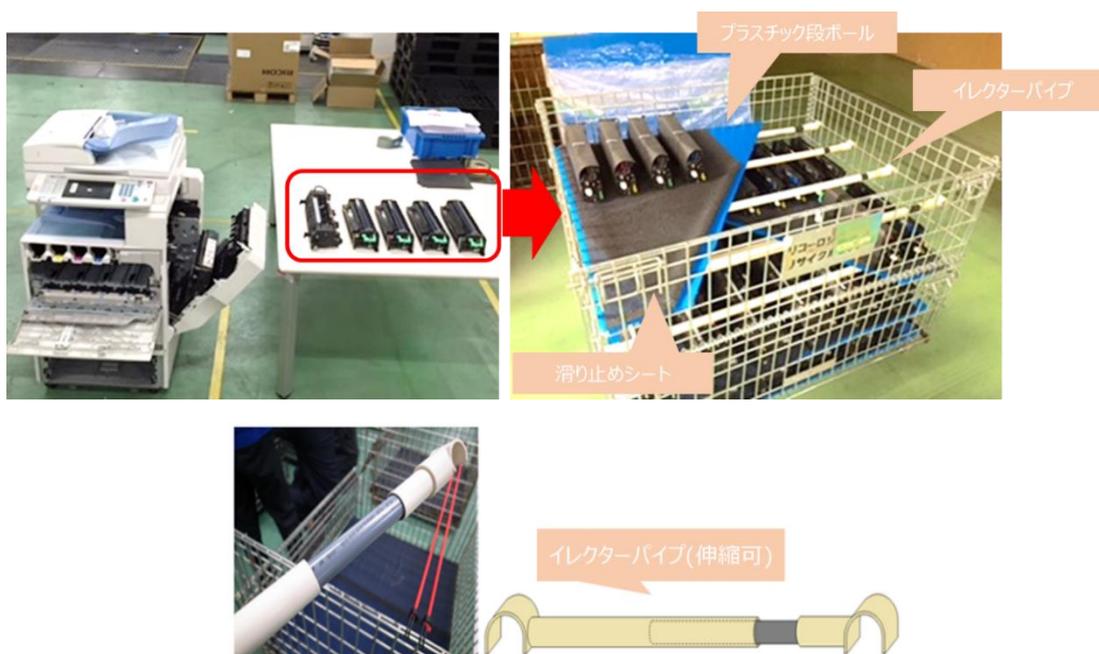


図 3-12 オリジナルメッシュパレットの概略図

### 3) 試験内容

#### a) 長距離実輸送による使用済み LiB パックの外観品質、動作品質評価

- ✓ 外観破損・周辺部品破損の着荷目視確認
- ✓ 設置位置ズレの着荷目視確認
- ✓ 充放電装置に接続し充放電動作の確認  
…検査対象は各最上段の LiB パック[001]、[005]、[009]
- ✓ テスト機に接続し電装部品の動作確認(CAN 通信、センシング機能)  
…検査対象は各最上段の LiB パック[001]、[005]、[009]

#### b) 長距離輸送による梱包材の包装機能評価

- ✓ 劣化破損の着荷目視確認
- ✓ 振動ロガーによる輸送振動測定  
…輸送時に振動・衝撃試験以上の振動が生じないか確認: 下限 5G にて設定  
…検査対象は各最上段の LiB パック[001]、[005]、[009]

c) 複写機との混載輸送評価

- ✓ 複写機混載での積載効率、荷役作業効率、荷崩れなきことを目視確認



図 3-13 10トントラック積載レイアウト



写真 3-17 10トントラック外観



写真 3-18 10トントラック荷台内

#### 4) 試験結果

(品質・安全面)

【A】イレクターパイプ式循環ラックは外観品質、動作品質ともに問題なく、包装材の劣化破損もなく、長距離輸送することができた。

LiB の外観破損ならびに周辺部品の破損は、【A】、【B】、【C】のすべてで確認されなかった。LiB の位置ズレについては、【B】-[006]のみズレが生じていた(写真 2-19)。上段のメッシュパレットの 2 段目のみズレが生じており、その他では位置ズレは生じていなかった。また、【C】も同様に位置ズレは生じていなかった。

LiB の充放電動作ならびに、CAN 通信やセンシング機能の動作確認は、[001]、[005]、[009]すべてで正常動作が確認された。【C】でも、外観破損や品質異常なく輸送できたと判断する。ただし、積載効率やフォークリフト等での荷役作業効率や安全性については、【C】は【A】、【B】より劣る。

また、複写機混載を想定して、トラック荷台の最後方部のもっとも振動する位置に【A】、【B】、【C】を積み込んだが、長距離輸送においても【A】、【B】、【C】すべての包装材の劣化破損は確認されなかった。また、振動ロガーの測定においても、輸送・搬入出時に 5 G 以上の振動が加わることはなかった。

本実験では、使用済み LiB を複写機と混載してもリユース品質を満たした状態で、問題なく長距離輸送することができた。



写真 3-19 LiB 位置ズレ

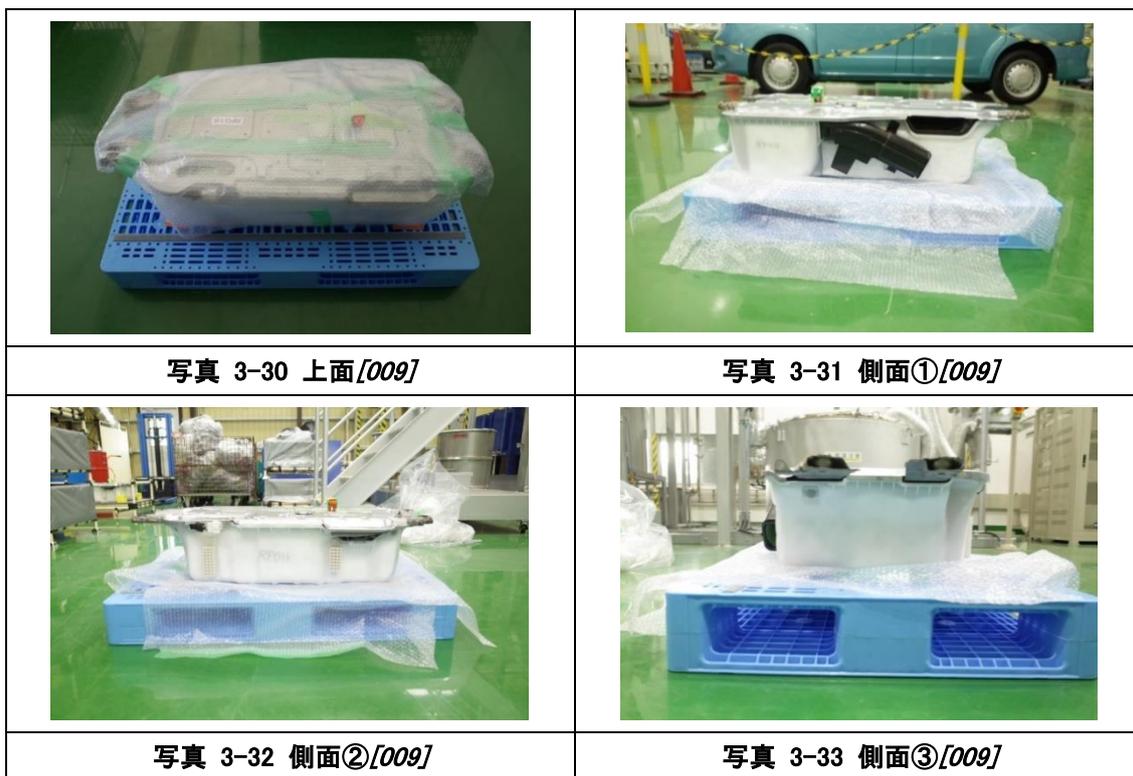
**【A】-[001] LiB パックの外観**

	
<p>写真 3-20 上面[001]</p>	<p>写真 3-21 側面①[001]</p>
	
<p>写真 3-22 側面②[001]</p>	<p>写真 3-23 側面③[001]</p>

**【B】-[005] LiB パック外観**

	
<p>写真 3-25 上面[005]</p>	<p>写真 3-26 側面①[005]</p>
	
<p>写真 3-27 側面②[005]</p>	<p>写真 3-28 側面③[005]</p>

【C】-[009] LiB パック外観



(効率面)

次章でも後述するが、複写機との積載効率は【A】イレクターパイプもしくは【B】オリジナルメッシュパレットを利用し積載効率を上げた場合、複写機 3×3 台のスペースに、LiB パック 32 台の積載が可能である。

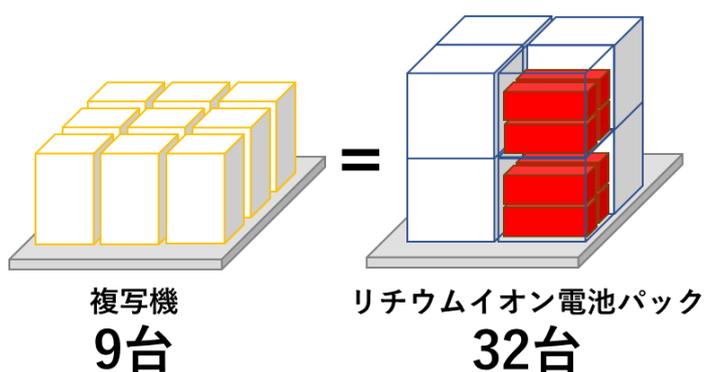


図 3-14 複写機とLiBパックの積載比率

また、複写機混載でも、使用済み LiB パックの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 パックを効率的に混載した。

5) 今後の取り組み

専用簡易包装である【A】イレクターパイプ式循環ラックであれば、安全かつ効率的に運搬できることがわかったが、専用包装であり汎用性が低いことが課題となった。ある程度の汎用性を兼ね備えた【B】オリジナルメッシュパレットの改良や振動・衝撃試験を実施する。加えて、複数回の実輸送試験の実施が必要不可欠である。効率面に関することであるが、【A】イレクターパイプ式循環ラックのフォークリフトのハンドリングの向きが一方向に固定されるため、もう1段の改良が必要である。

(4) 使用済み LiB パックの回収時の取り扱い

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、安全性を担保する。

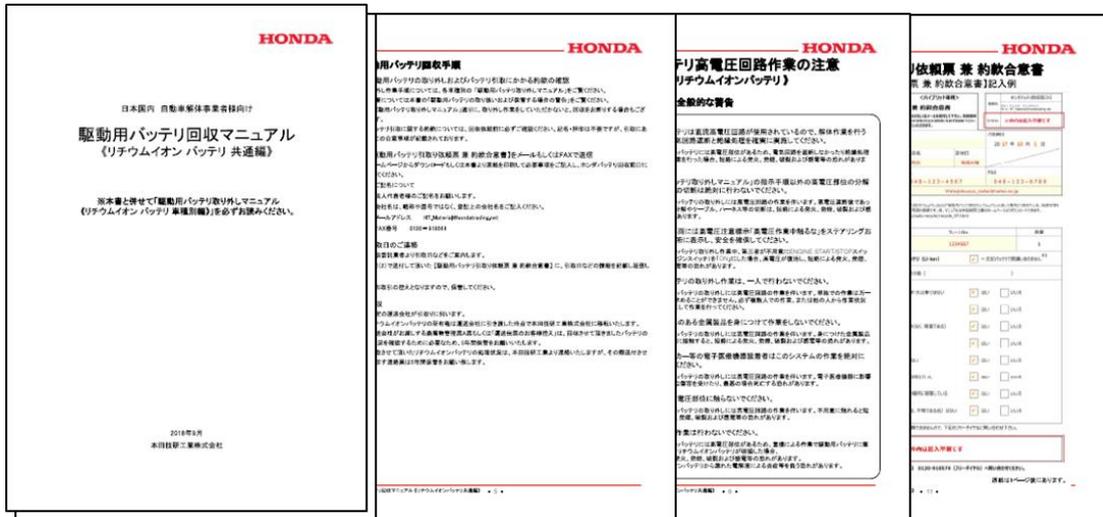


図 3-15 車載用バッテリー回収マニュアル 例)本田技研工業(株)

第3章 効率的な回収物流手段の検証

本章では、効率的な回収物流手段として大きな要となる複写機の回収物流について整理するとともに、複写機と混載輸送した場合のコスト試算とその課題と対策案についてまとめる。

(1) 複写機の回収物流について

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。

## 全国の回収物流網

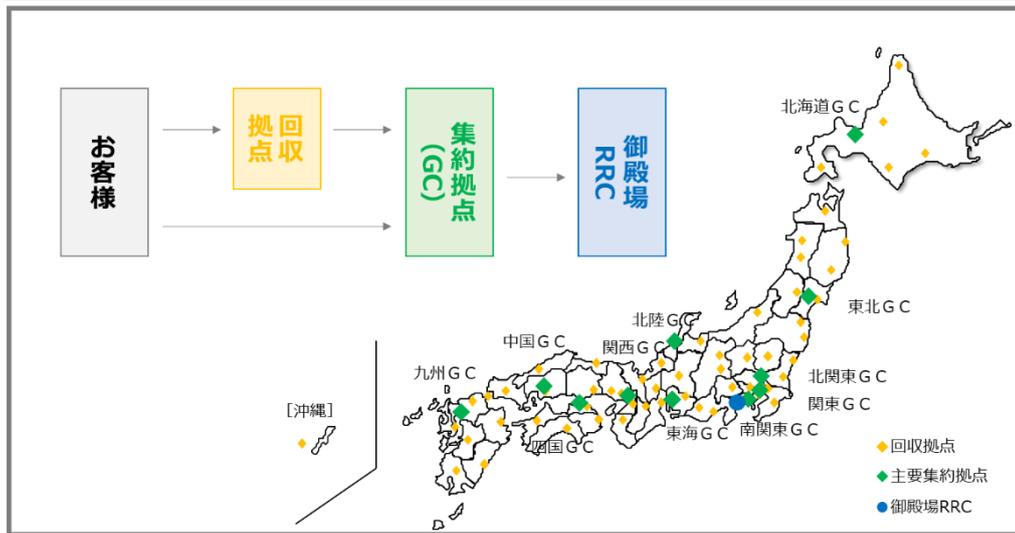


図3-16: リコー複写機の回収物流網

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 3-12 参照)で効率的に御殿場 RRC へ輸送する。ほぼ毎日のように、集約拠点から御殿場 RRC 間の定期便が走っている。

回収物流においては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。この回収物流の考え方では、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、回収便に空きスペースが生じる場合がある。当然、物流効率を考え、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、全ての空きスペースを潰しきることは難しい。そこで、その空きスペースに使用済み LiB を混載して、御殿場 RRC まで“ついで”に輸送することがポイントになっている。



図 3-17 本体リユース回収物流

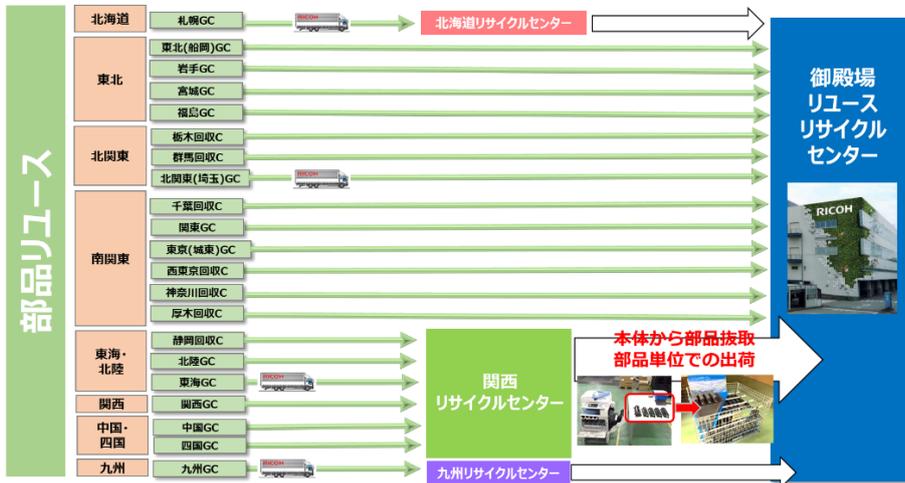


図 3-18 部品リユース回収物流

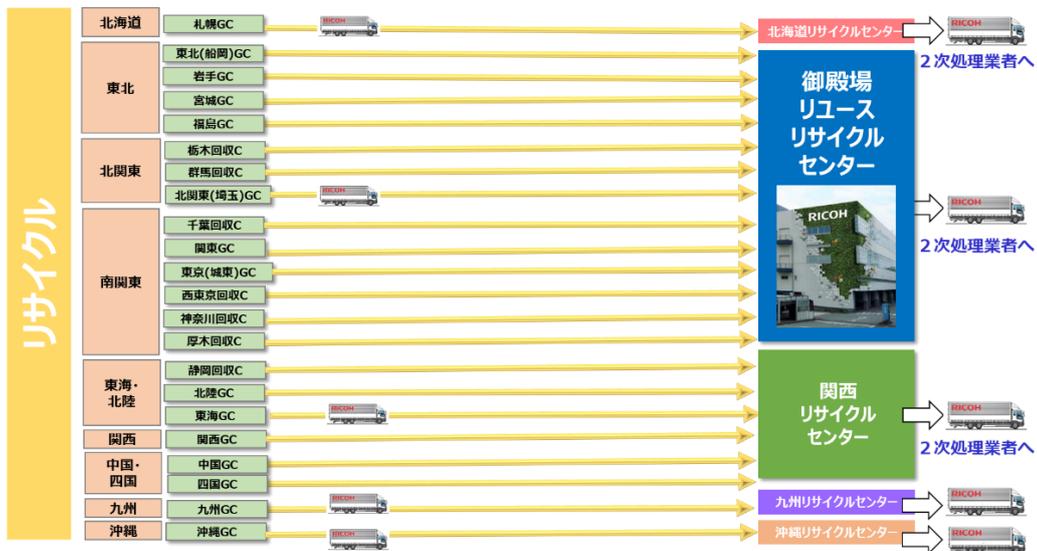


図 3-19 リサイクル回収物流

(2) 使用済み LiB の回収物流について

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（ディーラー/中古車販売業/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。

上記の通り、集約拠点から御殿場 RRC には、定期便が通っており複写機との混載により効率化が図れるが、自動車解体業者から集約拠点でも如何に定期便を利用して、“ついで”に運ぶかが重要になってくる。自動車解体業者からの 1 次回収、続いて回収拠点からの 2 次回収では、自動車業界、自動車各社や自動車解体・中古車販売会社などと協力しながら、安全かつ効率的な回収物流を検討する必要がある。

また、使用済み LiB の 1 次・2 次回収を検討するにあたり、注意しなければならないポイントが 3 つある。1 つ目はリユース回収であることと、2 つ目は地域性があること、3 つ目は回収量が変化することである。

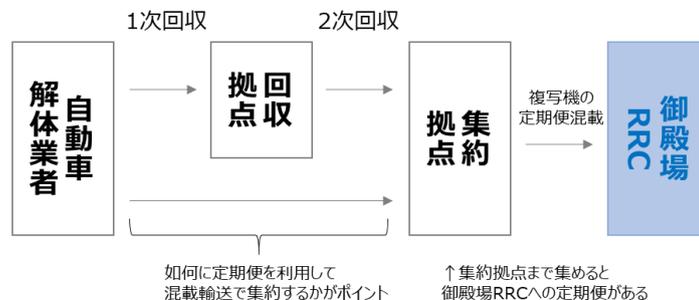


図 3-20 使用済み LiB パックの回収の流れ

使用済み LiB はリユース目的で回収するため、有価物として廃掃法の枠の外で取引、回収しなければならず、廃棄物と混在しないように回収ルートを明確に区別したり、個体管理したりする必要性があり、個体管理は物流や検査工程の効率化にも寄与してくる。例えば、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。

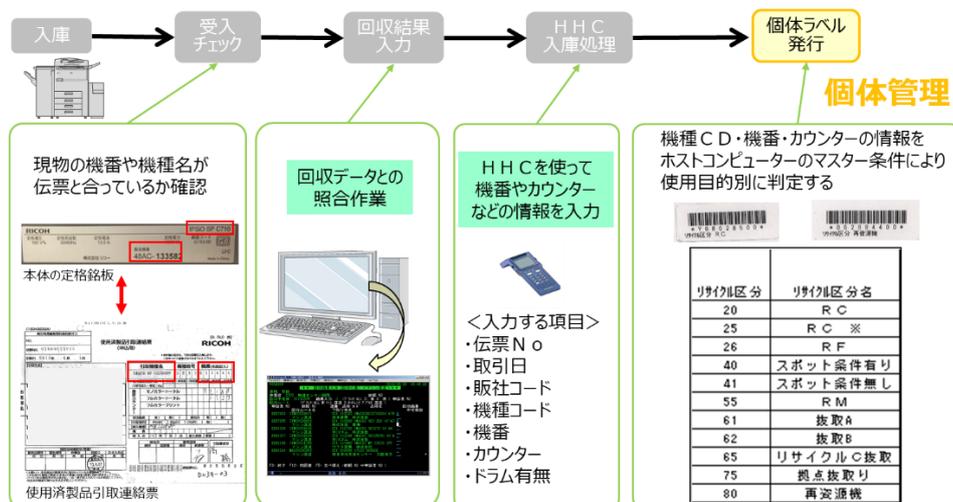


図 3-21 複写機の個体管理

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言われている。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性があると考ええる。

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。

### (3) コスト試算

本年度の実証では、あくまで使用済み複写機の回収における「お客様」を「自動車解体業者」と見立てて、複写機の回収物流をベースに以下のコスト試算を実施した。使用済み LiB パックの積載台数を変数にとり、【混載便】と【チャーター便】でのkgあたりの運賃単価をシミュレーションした。

#### 1) 試算条件

- ・出発地点：九州グリーンセンター(佐賀県鳥栖市)…走行距離 1,012 km  
東京グリーンセンター(東京都大田区)…走行距離 102 km
- ・到着地点：御殿場リユースリサイクルセンター(静岡県御殿場市)
- ・車両：
  - 【混載便】10トントラック
  - 【チャーター便】2トン/4トン/10トントラック
    - …チャーター便は LiB パックの運搬個数によりトラックサイズ変動
    - 2トントラック：LiB パック 1～32 台
    - 4トントラック：LiB パック 33～64 台
    - 10トントラック：LiB パック 65 台以上
- ・荷物重量：
  - LiB パック 40 kg/台
  - 複写機 120 kg/台
- ・運賃は「中部運輸局 平成 11 年度貸切運賃表」より算出
- ・運賃のみで保管費・荷役費・包装材費用・手数料等は含まない

## 2) 運賃

### 【混載便】(10トントラック)

遠距離:九州 GC~御殿場 RRC…運賃: 247,250 円

近距離:東京 GC~御殿場 RRC…運賃: 54,180 円

### 【チャーター便】(2トントラック)

遠距離:九州 GC~御殿場 RRC…運賃: 139,390 円

近距離:東京 GC~御殿場 RRC…運賃: 30,860 円

### 【チャーター便】(4トントラック)

遠距離:九州 GC~御殿場 RRC…運賃: 160,610 円

近距離:東京 GC~御殿場 RRC…運賃: 35,540 円

### 【チャーター便】(10トントラック)

※「中部運輸局 平成 11 年度貸切運賃表」より算出のため混載便と同額

遠距離:九州 GC~御殿場 RRC…運賃: 247,250 円

近距離:東京 GC~御殿場 RRC…運賃: 54,180 円

## 3) LiB の積載効率の考え方

複写機 3×3 台=9 台のスペースに、LiB パック 32 台(図 3-14)

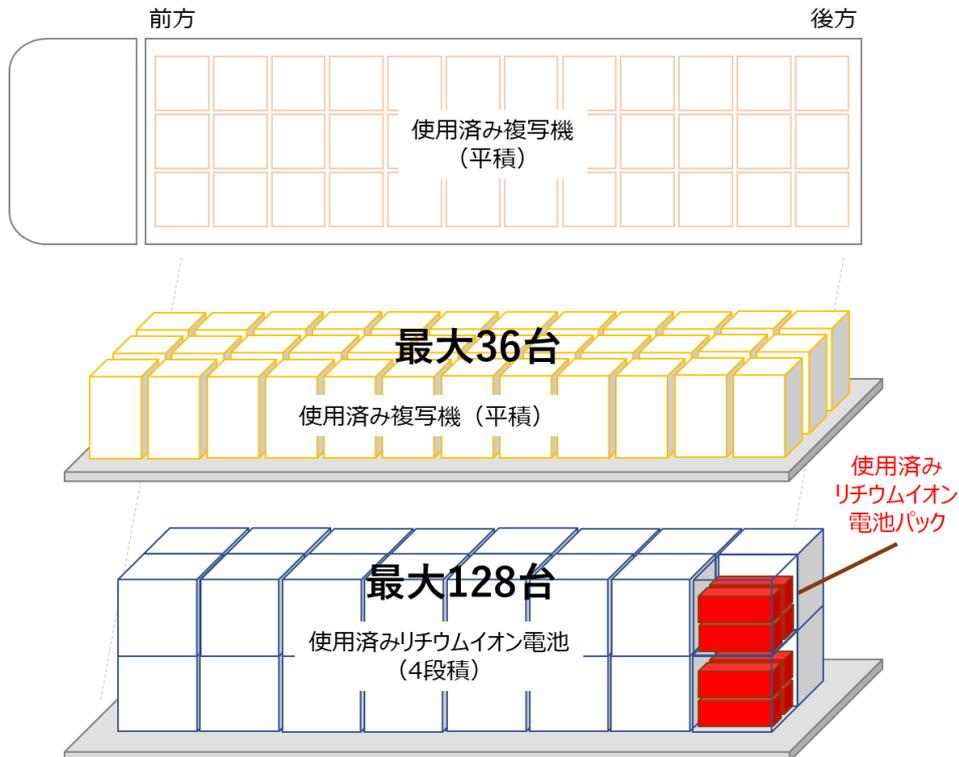


図 3-22 10トントラックにおける複写機・LiB パックの最大積載量

#### 4) シミュレーション結果

消防法の指定数量の 1/5(200 L 未満)を遵守すると、10 トントラックで積載可能な使用済み LiB パックの最大台数は 99 台となる。以下のシミュレーション結果、**図 3-23/24/25** より、最も積載効率が上がる台数は 96 台である。

また、遠距離輸送(九州～御殿場)・近距離輸送(東京～御殿場)ともに、直送チャーター便(混載なし)よりも運賃単価が低く、効率的であることがわかった。

ただし、本シミュレーションは、輸送運賃以外の費用を一切考慮していない。最も積載効率が挙がる台数が 96 台としても、96 台を集約拠点に集荷するまでの保管費が発生してくる。集荷までに 1 カ月も 2 カ月もかかってしまう場合は、保管費が嵩み最も効率的な積載台数は変動してくる。使用済み LiB パックの回収は、まさにこれから始まり過渡期を過ごしていくことになる。回収予測も難しく回収変動も生じやすいため、回収拠点や集約拠点には溜めずに、定期便の空きスペースを利用し、随時リユース拠点に輸送していくことが最も効率的であり、かつリスク回避にもつながると考えられる。

また、使用済み LiB 回収が最盛期となっても、複写機との混載輸送は効率的であると言える。本実証において、消防法遵守のため 10 トントラックに積載できる LiB パック数は最大 99 台である。しかし、LiB パック 99 台では 10 トントラックを満載にできない。そこで、空きスペースを利用して、逆に使用済み複写機を積載して、輸送効率を上げることが可能である。最も輸送効率が高いのは、LiB パック 96 台、複写機 9 台である(**図 3-25**)。一方で、複写機との混載便以外にも、**図 3-17/18** で示したように、複写機の部品(部品リユース回収)や消耗品(リサイクル回収)との混載便もある。これらとの混載便でのついで輸送による効率化も可能であり、使用済み LiB 回収量の増加にも対応が可能である。

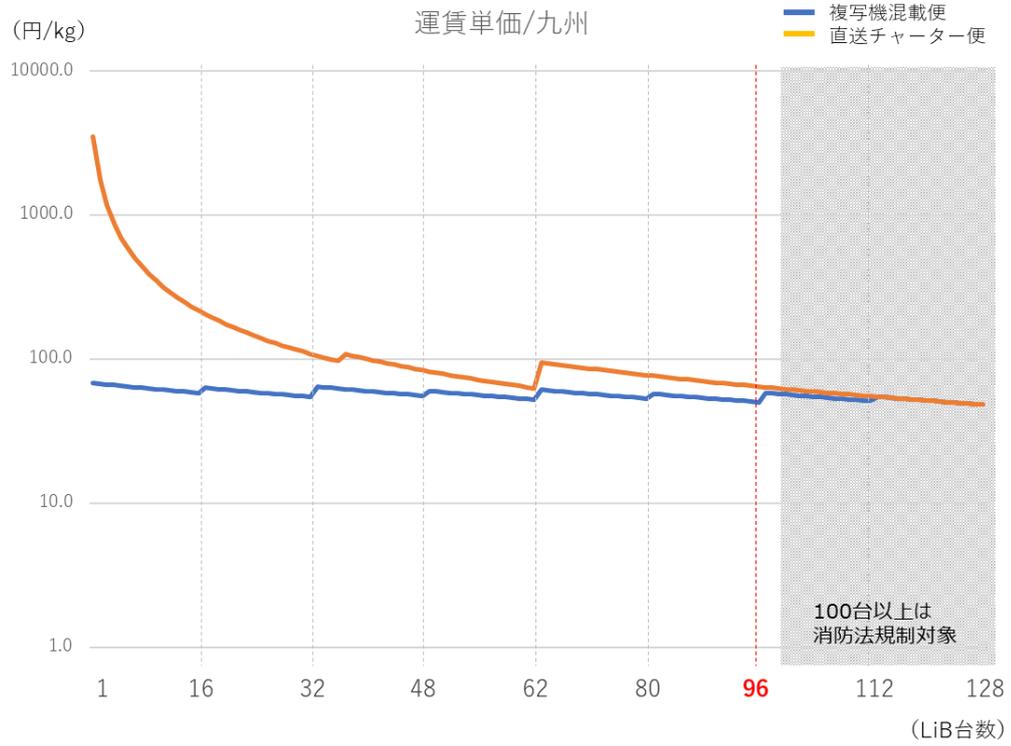


図 3-23 運賃単価/九州

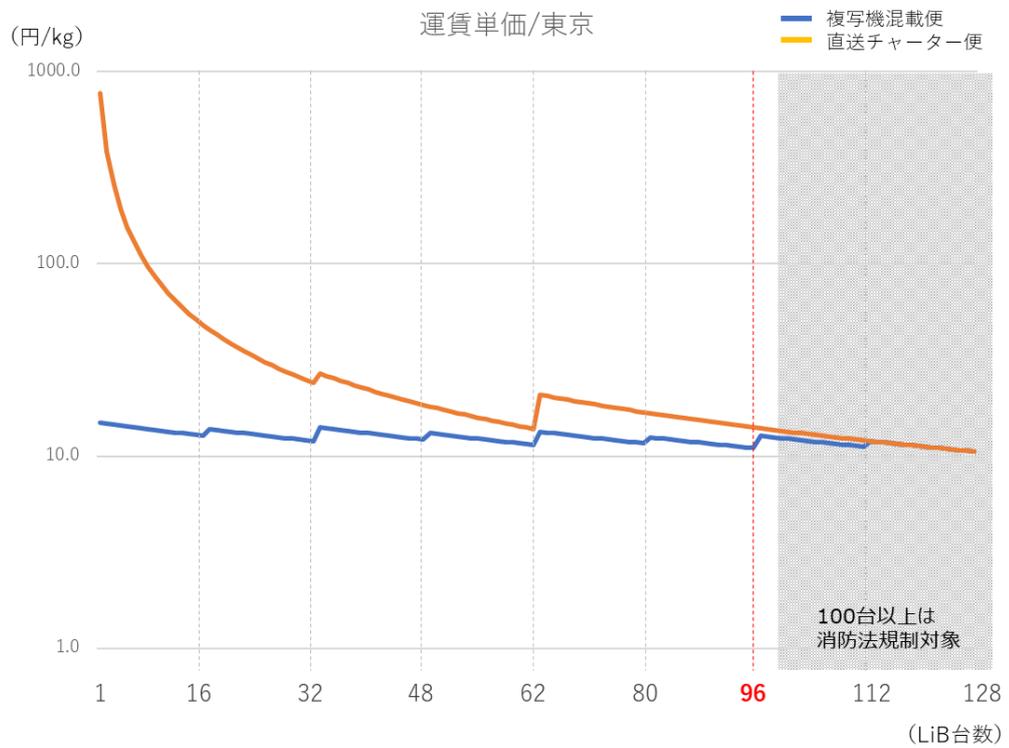


図 3-24 運賃単価/東京

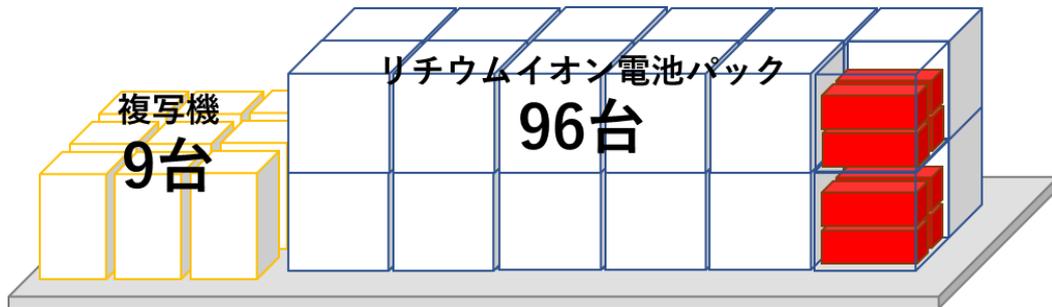


図 3-25 消防法に従った 10 トントラックにおける LiB パックの最大積載量

(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、試験郵送を繰り返しながら、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。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さそうである。さらに専用簡易包装を実施することで、品質維持を担保としたい。

効率面においては、複写機との混載輸送は非常に有効的であると言える。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ろう。まさに、これから回収量が伸びていく中で、複写機と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、使用済み複写機を回収する定期便の空きスペースを利用して混載輸送することは、輸送効率が高そうであるが、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専用簡易包装を構想したが、専用簡易包装を循環させるための費用が考慮されていない。また、第 3 章でも記述したが、1 次回収・2 次回収でも定期便の空きスペースを利用した混載輸送が可能な輸送手段の検討や、地域性や回収量に応じた柔軟な回収ルート of 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。

また、本年度の実証では、使用済み複写機との混載輸送を検討したが、使用済み交換部品や消耗品(複写機のトナーやカートリッジなど)を回収する定期便、**図 3-18/19** もある。複写機以外の定期便での効率性も今後検討を進める。

## 第4編 蓄電部の動作検証及び蓄電装置付き EV 充電実証

廃車時にハイブリッド車から回収された 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。

また、ハイブリッド車の LiB は電気自動車の 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ため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。

本編ではこれら 2 つの課題に対して検証した結果を報告する。

## 第 1 章 テストシステム構想、LiB パックの動作検証

### (1) テストシステム構想

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 HEV の LiB パックを、車載以外の定置用の製品にリマニュファクチャリングするためのビジネスモデル検討を行い、EV 急速充電器へのアシスト用途に設定した。

#### 1) LiB パックの構成・寸法

本実証で対象とする HEV 用の LiB パックは、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、 $4.2\text{V} \times 48 \text{セル} = 201.6 \text{V}$  となる。新品 LiB パックの主な仕様を表 4-1、LiB パックの外観写真と寸法を図 4-1 に示す。

表 4-1 新品 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

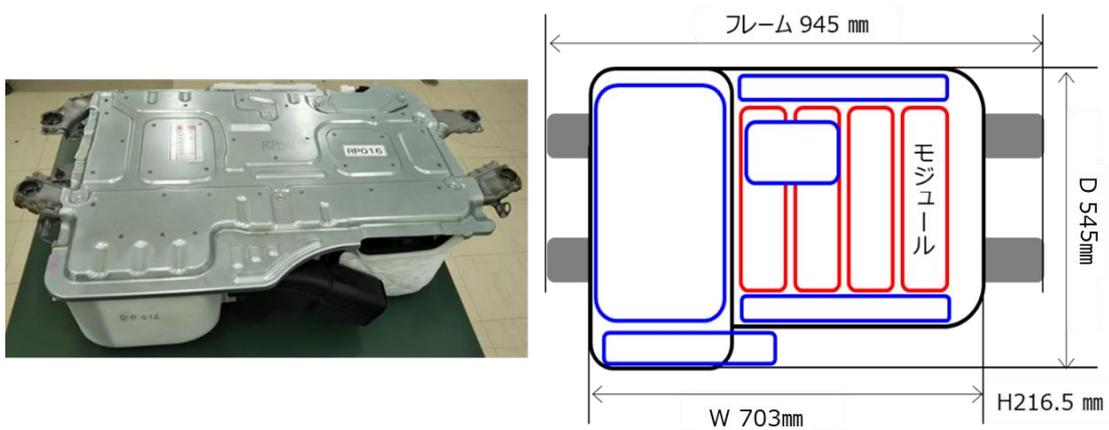


図 4-1 LiB パックの外観写真と寸法

## 2) EV 急速充電テストシステム概要

リユース蓄電池パックによる EV 急速充電テストシステムの構成図を図 4-2 に示す。想定される運用の姿から、25 kW 出力の EV 急速充電器に対して最大 5 kW をリユース蓄電池パックよりアシストすることとし、その際に必要なリユース蓄電池パックの数を 4 個と試算し EV 急速充電テストシステムを製作した。EV 急速充電テストシステムの主な仕様を表 4-2 から表 4-7 に示す。

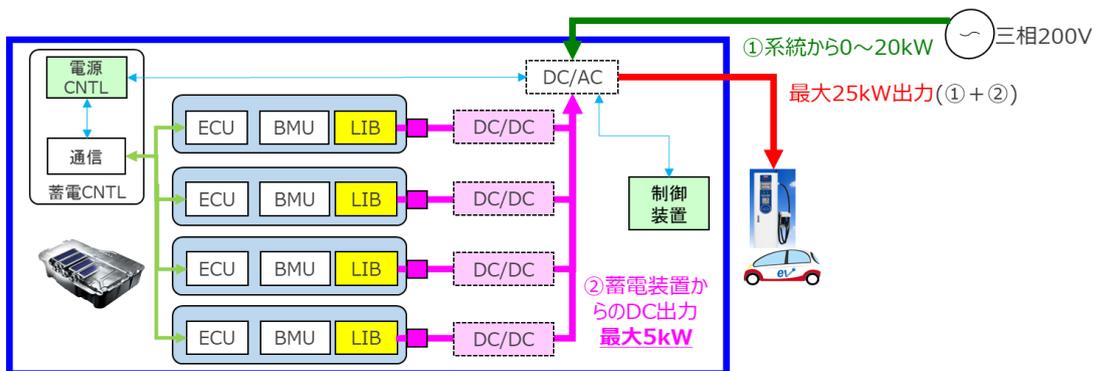


図 4-2 EV 急速充電テストシステムの構成図

表 4-2 EV 急速充電器

項目	仕様(仕様値)	備考
構造	閉鎖形 (IP34)	
外形サイズ	W292 × D592 × H1699 mm	
冷却方法	強制空冷	
概算重量	145 kg	
騒音	装置全面中央から 1 m、床面から 1 m の位置において 65dB 以下	

表 4-3 蓄電装置 パワーコンディショナー

項目	仕様(仕様値)	備考
構造	閉鎖形(IP20)	室内使用に対応した安全構造
外形サイズ	蓄電池盤: W1,390 × D1,100 × H1,893 mm 充放電盤: W1,714 × D740 × H1,930 mm	
冷却方法	強制空冷	
概算重量	総重量 1,600 kg(充放電盤: 約 1,000 kg、 蓄電池盤: 約 600 kg)	
騒音	装置全面中央から 1 m、床面から 1 m の位置において 65dB 以下	
蓄電池パック	個別にリユース蓄電池パック交換可能 (現地交換可能)	

表 4-4 リユース蓄電池パック単体の詳細(新品電池パックの初期値)

項目	仕様(仕様値)	備考
重量	40 kg	
大きさ	W703 mm × D545 mm × H216.5 mm	フレーム 4 カ所に取り付け穴あり
容量	0.86 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	
保護用最高/最低電圧	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	充電時: 約 18 kW 放電時: 約 20 kW	SOC50 %
最大入出力電流	充電時: 200 A 放電時: 140 A	

### 3) EV 急速充電テストシステムの制御・通信

**表 4-5 EV 急速充電器**

項目	仕様(仕様値)
EV 充電器仕様	EV 充電器からの最大出力電圧は DC450 V とする。

**表 4-6 蓄電装置 パワーコンディショナー**

項目	仕様(仕様値)
系統電力と蓄電電力	系統電力とリユース蓄電池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蓄電池パック数	リユース蓄電池パックを 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	複数のリユース蓄電池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	リユース蓄電池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)
蓄電装置への補充充電電力	リユース蓄電池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、リユース蓄電池パックへ補充電する。
リユース蓄電池パックが無い場合	リユース蓄電池パックがない場合でも、EV 急速充電器が稼働する。
リユース蓄電池パックの故障時動作	リユース蓄電池パックが故障することを想定し、システム稼働中でもシステムに対する指示により、故障したリユース蓄電池パックを切り離すことができる機能を有する。
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 4-7 リユース蓄電池パック**

項目	制御内容
CVS およびバッテリー ECU	リユース蓄電池パックの CVS およびバッテリー ECU からリユース蓄電池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) 電圧範囲設定

操作パネルを用いて、蓄電池パック 1～蓄電池パック 4 のセル電圧の範囲を個別に設定が可能となっている(安全上のセル電圧下限値:3.0 V、セル電圧上限値:4.2 V)。通常の運転条件でのセル電圧範囲設定を表 4-8 に示す。

表 4-8 通常の運転条件のセル電圧範囲設定

	下限セル電圧	上限セル電圧
蓄電池パック 1	3,000 mV	4,000 mV
蓄電池パック 2	3,000 mV	4,000 mV
蓄電池パック 3	3,000 mV	4,000 mV
蓄電池パック 4	3,000 mV	4,000 mV

#### 5) 充電電力と放電電力設定

操作パネルを用いて、蓄電池パック 1～蓄電池パック 4 の充電電力と放電電力を個別に設定が可能となっている。設定範囲は、充電電力と放電電力ともに 0～1,250 W、4 パック合計で充電電力、放電電力ともに最大 5,000 W となっている。通常の運転条件のセル電圧設定を表 4-9 に示す。

表 4-9 通常の運転条件の充電電力と放電電力設定

	充電電力	放電電力
蓄電池パック 1	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 2	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 3	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 4	1,250 W	1,250 W

#### 6) DC/DC コンバータ運転設定

操作パネルを用いて、DC/DCコンバータの運転設定が設定可能となっている。運転設定は、DC/DC コンバータ停止、自動運転、手動運転があり、それぞれの動作内容を表 4-10 に示す。

表 4-10 DC/DC コンバータ運転設定と動作内容

DC/DC コンバータ運転設定	動作内容
DC/DC コンバータ停止	DC/DC コンバータ停止。
自動運転	DC/DC コンバータはアシスト閾値および補充電閾値等の設定に従って、アシスト動作と補充電動作を自動で切り替え運転を行う。
手動運転	蓄電池パック 1～蓄電池パック 4 のそれぞれに対して、個別に放電、または充電の動作を設定することが可能。

#### 7) アシスト閾値と補充電閾値設定

操作パネルを用いて、アシスト閾値と補充電閾値をそれぞれ設定可能となっている。アシスト閾値と補充電閾値に対するそれぞれの動作内容を表 4-11 に示す。

表 4-11 アシスト閾値と補充電閾値設定

	動作内容
アシスト閾値	EV 急速充電器への給電電力がアシスト閾値を超えたとき、超えた分の最大 5kW まで蓄電池から放電する。
補充電閾値	EV 急速充電器への給電電力が補充電閾値を下回ったとき、下回った分の最大 5kW まで蓄電池へ充電する。

#### 8) テストシステム構想のまとめ

リユース蓄電池パックの並列接続運用は、直列接続運用に比べて、劣化した電池の運用電力量を制限した結果、寿命を延命し得る。EV 急速充電テストシステムの仕様検討を行い、車で使用された LiB パックをさらに定置用の蓄電システムとして長期間使うために、並列接続方式を選択した。

バッテリー ECU と CVS から電池の状態データ(セル電圧など)と、その他フェールセーフデータを取得し、制御に活用した。EV 急速充電テストシステムとしての安全制御は上位システムで行うことに決定した。

今回の EV 急速充電テストシステムでは、1 つのリユース蓄電池パックに対して、1 つの DC/DC コンバータを用いて並列接続するシステム構成を採用した。これによりリユース蓄電池パックごと独立して充電動作および放電動作が可能である。また、リユース蓄電池パックごとに設けられた DC/DC コンバータによって所定の電圧に揃えられるため、充電容量や電圧の異なるリユース蓄電池パックの場合でも、複数のリユース蓄電池を組み合わせで使用可能なシステム構成を選択し決定した。

EV 急速充電テストシステムを製作するために必要な仕様整合が完了し、テストシステムを製作した。テストシステムを用いた検証結果については、第 3 章で報告する。

## (2) LiB パックの制御技術検証

### 1) 車から降ろした LiB パックの制御方法の検討

LiB パックは、電池モジュールに加えて J/B(Junction Board:以下 J/B)、CVS、バッテリー ECU、冷却ファン、インバータなどの周辺部品を備えており、自動車に搭載されている状態では、バッテリー ECU の制御信号により前記周辺部品を動作制御している。

回収した LiB パックのリユースに必要な主要パーツを図 4-3 に示す。車から降ろした状態の LiB パックをリユースするためには、LiB パック単体で必要な周辺部品を動作させる必要があり、ここでは電池の充放電動作に必須である J/B 内の電磁開閉器の ON/OFF 制御動作を対象に、LiB パック単体での周辺部品の動作制御手段を検討した。制御方法として次の 2 つがあげられる。

- ✓ バッテリー ECU の機能をすべて用いて充放電制御する方法
- ✓ バッテリー ECU の一部の機能のみ使用し、外部から充放電制御する方法

### 2) バッテリー ECU の機能をすべて用いて充放電制御する方法

1 つ目の方法は、自動車本体からの動作情報をダミー信号としてバッテリー ECU に与え、あたかも自動車に搭載されているかのようにバッテリー ECU をだますとともに、バッテリー ECU からの制御信号を用いて電磁開閉器の動作を直接制御する方法である。これは、自動車メーカーの有する LiB パック制御技術を直接利用することで、システムとしての安全性・信頼性の確保が可能である。

しかし、この方法では自動車本体のメイン ECU および制御プログラムなどの詳細を把握しダミー信号を生成するか、自動車本体に LiB パックが乗っているときと同等の機能を有するメイン ECU や制御プログラムを新規製作しなければならない。長期的な視点に立った際、自動車の種類が変わるたびに、個別に対応しなければならず、その費用面、必要期間からも現実的な方法ではないと判断した。

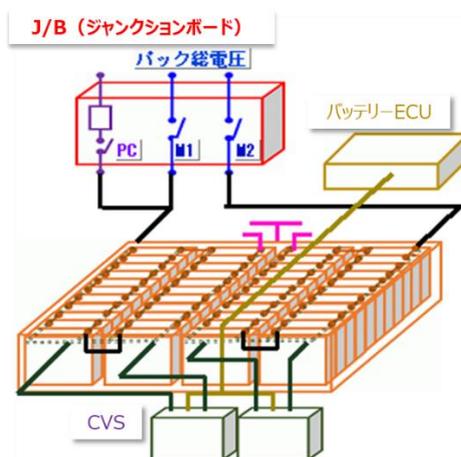


図 4-3 主要パーツと接続構成

※PC:プリチャージ、M1:メイン電磁開閉器 1、M2:メイン電磁開閉器 2

### 3) バッテリーECUの一部の機能のみ使用し、外部から充放電制御する方法

2つ目の方法は、バッテリーECUから直接制御するのではなく、バッテリーECUが備えている安全に使用するための異常判断機能を活かして利用するために、新規に開発した電磁開閉器の制御装置を用いる方式である。これにより、バッテリーECUの有する3つの機能、①バッテリー情報の検知、②バッテリー状態判断、③LiBパック動作制御のうち、③の機能だけを新規開発品でまかなうことができる。自動車メーカーの開発してきた①②の機能を利用するシステムとしたことで、バッテリーユースの装置としても安全性・信頼性を確保することができる。

また、定置用の蓄電システムとしてLiBパックを制御する際、バッテリーECUが持つ安全に使用するための異常判断機能や充放電のリミット値を取り出し活用するためには、CAN通信を用いてバッテリー情報を採取しなければならない。そこでバッテリーECUとCVSへ電源供給する制御装置を構築した。CAN通信から得られたLiBパック入出力情報を図4-4に示す。バッテリーECUから充放電している最中の電力を読み取り、正しいことを確認した。

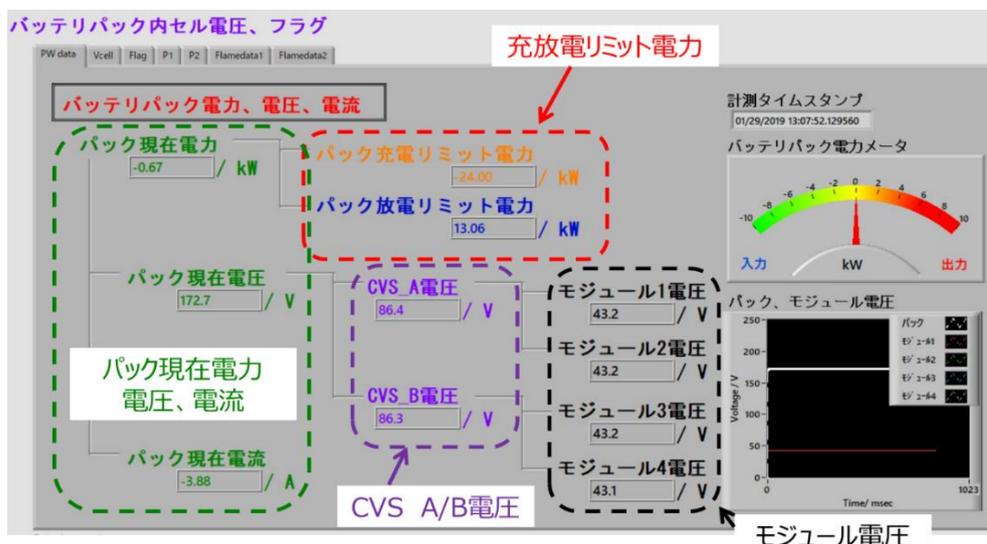


図 4-4 LiB パック入出力情報

バッテリーECU および 2 つの CVS から読み取った LiB パックの状態フラグを図 4-5、2 つの CVS から読み取った全セル電圧を図 4-6 に示す。バッテリーECU から充放電している最中の電力やセル電圧を読み取り、正しいことを確認した。CVS から取得した電圧を確認し、閾値を超えた場合には、J/B の電磁開閉器を OFF する装置を構築した。

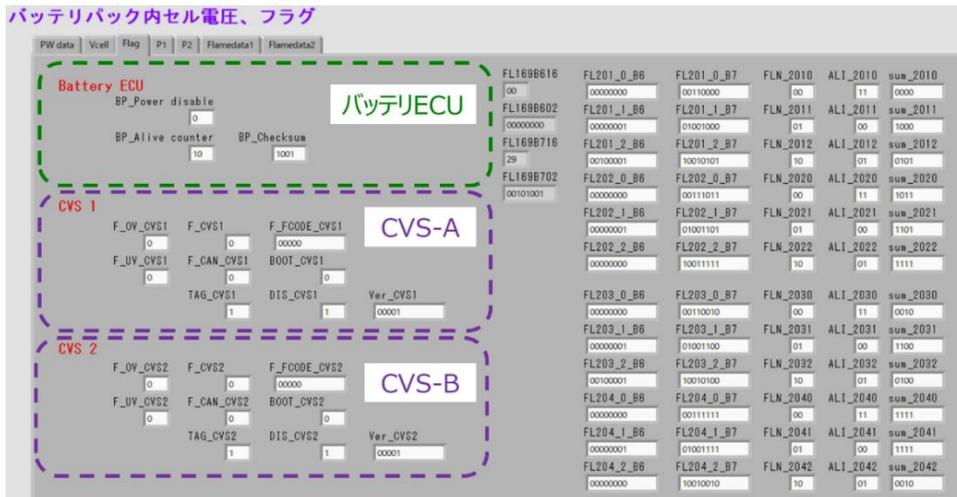


図 4-5 LiB パックの状態フラグ

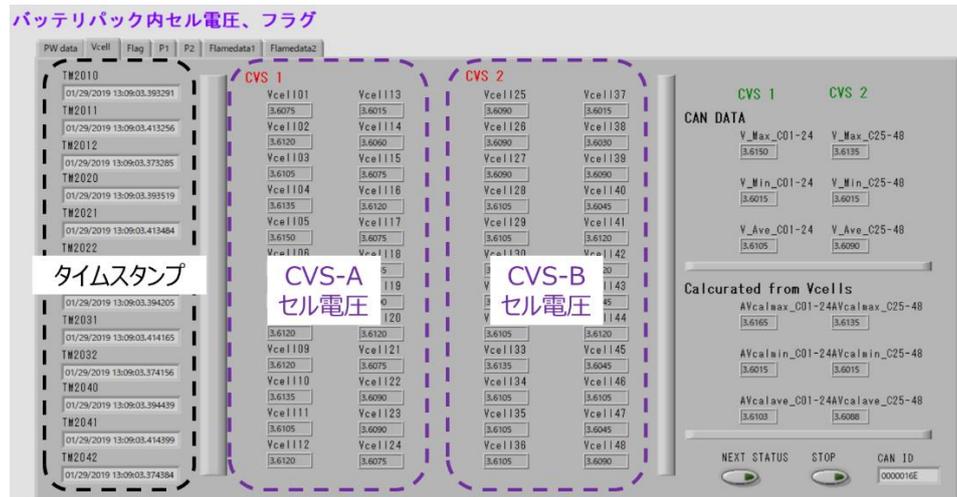


図 4-6 LiB パックの全セルの電圧情報

#### 4) LiB パックの制御技術検証のまとめ

LiB パックを自動車から降ろして LiB パック単体で動作させるためには、あたかも自動車に搭載されているかのように各種の検知動作をダミー機構などで模擬する必要がある。このダミー機構を準備するためにバッテリーECU の通信情報の確認等を行い、バッテリーECU の持つ異常判断機能を活かして利用していくシステムとする方向性を定め、充放電評価や EV 急速充電テストシステムの設計を行った。

本実証用途で用いる車から降ろした状態の LiB パックの充放電を行うために、J/B の電磁開閉器を ON/OFF する供給電源および制御装置と、CAN 通信を用いたバッテリー情報を採取するためにバッテリーECU と CVS へ電源供給する制御装置を構築することで、車から降ろした状態の LiB パックを定置用途で用いるために必要な充放電制御が可能となったことの実証が完了した。

## 第2章 LiB の特性評価、回収検査・選別

### (1) LiB の特性評価

#### 1) リユース蓄電池パックの受け入れ時点での蓄電電力量

##### a) 目的

リユース蓄電池パックの受け入れ時点の蓄電電力量を測定する。

##### b) 試験方法

室温環境下で、LiB パックおよびパックから採取したモジュールを低率の電流で充放電した。

#### 【パック状態での充放電】

- ① サービスプラグが取り外されていることを確認後、LiB パックの上蓋を取り外す。
- ② 正極および負極に電流線を接続し、モジュールに電圧線を接続する。
- ③ 電磁開閉器を動作させるため、バッテリーECU コネクタと外部電源供給装置を接続する。
- ④ サービスプラグを取り付ける。
- ⑤ 外部電源供給装置の切り替えスイッチを、プリチャージ ON、メイン1ON、メイン 2ON の順に操作する。
- ⑥ 充放電評価装置を立ち上げ、操作 PC のプログラミングツールで連動プログラムを作成し、コンパイルする。
- ⑦ 操作 PC のコンソールソフトでコンパイルしたファイルを選択し、運転を開始する。

#### 【モジュール状態での充放電】

- ① 正極および負極に電流線を接続し、各セルの電圧を測定しているコネクタに電圧線を接続する。
- ② 充放電評価装置を立ち上げ、操作 PC のプログラミングツールで連動プログラムを作成し、コンパイルする。
- ③ 操作 PC のコンソールソフトでコンパイルしたファイルを選択し、運転を開始する。

#### 【電力量の決定】

LiB パックや LiB モジュールを 1 A で 3.0 V/セル相当の電圧まで残放電を行った後、1 A で 4.2 V/セル相当の電圧を設定電圧としておよそ 5.5 時間定電流定電圧充電した。

10 分放置後に、1 A で 3.0 V/セル相当の電圧までおよそ 5 時間放電した。この放電で得られた電気量を容量  $Q_{4.2-3.0}$ 、電力量を容量  $W_{4.2-3.0}$  と決定した。

##### c) 試験結果

走行距離約 20,000~90,000 km、経過年数 3.8~5.3 年走行後に採取した LiB パックを

充放電したときの電池パックおよび電池パック内の全セルの充放電曲線の例を図4-7、図4-8に示す。新品およびリユース蓄電池パックの容量測定結果を表4-12に示す。

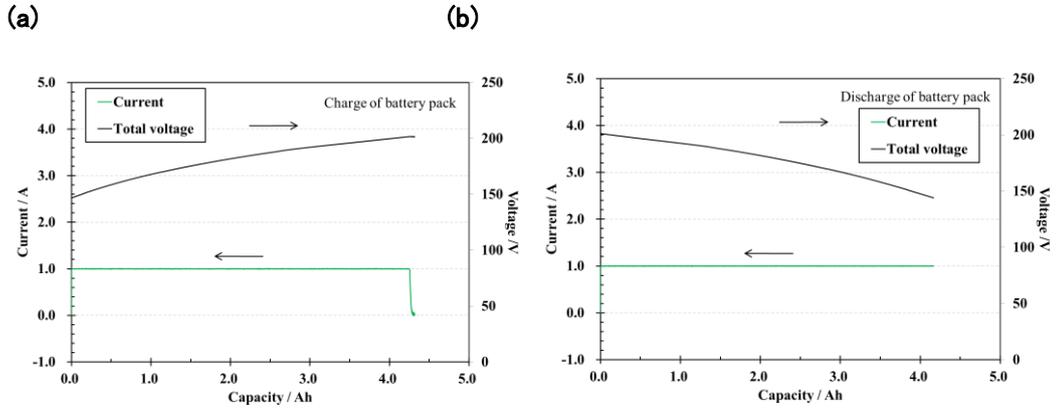


図 4-7 リユース蓄電池パックを充放電したときの電池パックの  
(a)充電電圧曲線と(b)充電電圧曲線

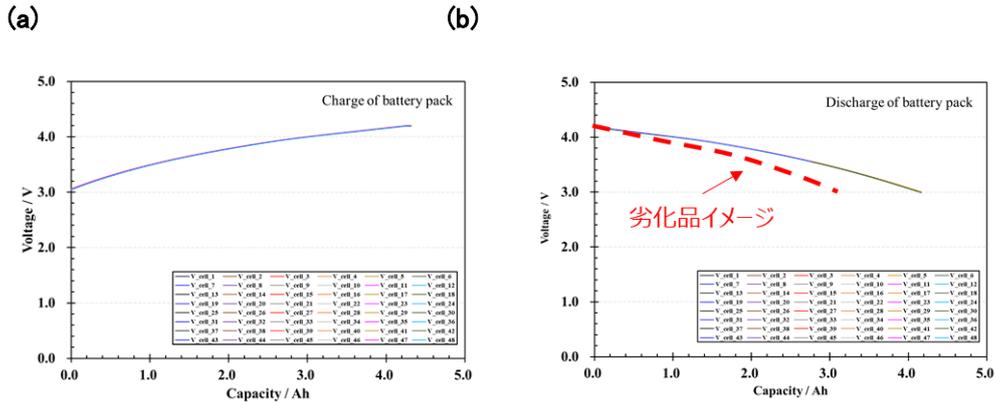


図 4-8 リユース蓄電池パックを充放電したときの電池パック内の全セルの  
(a)充電電圧曲線と(b)充電電圧曲線

表 4-12 新品およびリユース蓄電池パックの容量と内部抵抗測定結果

電池パック	充電電力量	放電電力量	効率	充電内部抵抗	放電内部抵抗	走行距離	年式	
	[Wh]	[Wh]	[J%]	[mΩ]	[mΩ]	[km]		
新品	820	772	94.2	240	101	0		
使用済	①	784	723	92.2	136	76	22,716	2013年10月
	②	739	721	97.5	209	148	89,374	2013年10月
	③	768	731	95.2	133	88	57,845	2013年9月
	④	780	743	95.3	237	132	81,437	2014年2月
	⑤	809	774	95.7	290	143	44,938	2015年3月
	⑥	763	734	96.2	315	153	36,913	2013年12月

1 A 充電および 1 A 放電時のセル電圧を測定した結果、**図 4-8a** および**図 4-8b** のように 48 個あるセルの電圧はほぼ同一線上にあり、非常にそろっていることがわかる。また、表 4-12 より、新品およびリユース蓄電池パックの容量に大きなバラツキがないことから、非常にセル電圧のそろった状態の良い LiB パックであることがわかる。

#### d)結論

外部電源供給装置を用いることで、車から降ろした LiB パックの蓄電電力量を測定できた。今後の取り組みとして、本実証期間で入手できた車で使用済みの LiB パックの数が限られていたため、劣化品イメージとして点線で追加したような LiB パックがないか、n 増し確認を進めていく必要がある。

## 2) リユース蓄電池パックの受け入れ時点での内部抵抗

### a) 目的

リユース蓄電池パックの受け入れ時点での内部抵抗を測定する。

### b) 試験方法

室温環境下で、LiB パックおよび LiB パックから採取したモジュールを高率の電流で充放電した。

#### 【パック状態での充放電】

- ① サービスプラグが取り外されていることを確認後、LiB パックの上蓋を取り外す。
- ② 正極および負極に電流線を接続し、モジュールに電圧線を接続する。
- ③ 電磁開閉器を動作させるため、バッテリー ECU コネクタと外部電源供給装置を接続する。
- ④ サービスプラグを取り付ける。
- ⑤ 外部電源供給装置の切り替えスイッチを、プリチャージ ON、メイン 1ON、メイン 2ON の順に操作する。
- ⑥ 充放電評価装置を立ち上げ、操作 PC のプログラミングツールで連動プログラムを作成し、コンパイルする。

⑦操作 PC のコンソールソフトでコンパイルしたファイルを選択し、運転を開始する。

#### 【モジュール状態での充放電】

- ①正極および負極に電流線を接続し、各セルの電圧を測定しているコネクタに電圧線を接続する。
- ②充放電評価装置を立ち上げ、操作 PC のプログラミングツールで連動プログラムを作成し、コンパイルする。
- ③操作 PC のコンソールソフトでコンパイルしたファイルを選択し、運転を開始する。

#### 【内部抵抗の決定】

電池の内部抵抗は、電池の充電状態に依存する性能値であるので、本評価では LiB の満充電での内部抵抗と、完放電での内部抵抗の二つを定義することにした。

LiB パックや LiB モジュールを 1 A で 3.0V/セル相当の電圧まで残放電を行った後、4 A で 4.2 V/セル相当の電圧を設定電圧として定電流定電圧充電した。10 分放置後に、4 A で 3.0 V/セル相当の電圧まで放電した。

放電前の開回路電圧を  $V_0$  とし、放電開始から 1 秒後を  $t_1$  とし、10 秒を  $t_2$  として、 $t_1$  から  $t_2$  までのプロットデータを最小二乗法により近似した直線の Y 軸との切片を  $V_1$  としたとき、 $V_0 - V_1$  が電圧降下  $IR$  となる。これを電流  $I$  で除して、満充電時の内部抵抗  $R$  を決定する。模式図を **図 4-9** に示す。

完放電時の内部抵抗  $R$  は完放電後に行った充電直後のデータから同様に求めた。

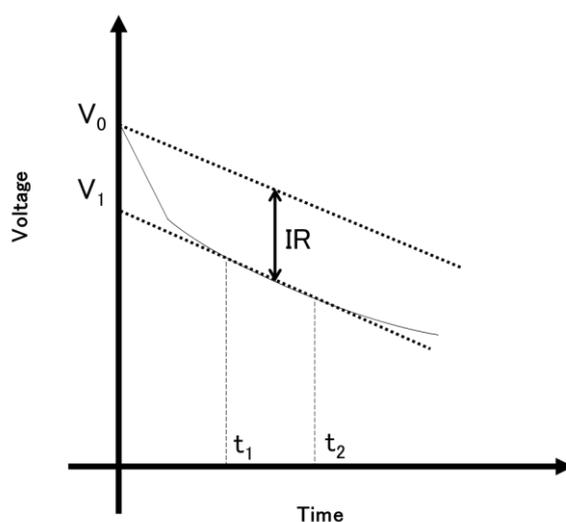


図 4-9 IR 決定の模式図

c) 試験結果

リユース蓄電池パックに与えられたストレスと内部抵抗の関係を調べるために、評価によって決定した満充電時および完全充電時の内部抵抗を、リユース蓄電池パックに付帯されてあった車両情報を用いて、車両搭載時の走行距離および車両登録からの経過月数に対してプロットした。

決定した各パックの走行距離に対する内部抵抗を図 4-10 に示す。新品蓄電池パックは、完全充電での内部抵抗が大きく、一定の運用が始まると減少するように見える。満充電での内部抵抗および完全充電での内部抵抗は、いずれも完全な直線上ではないが、車両の走行距離に対して増加傾向にあるように見える。

車両登録からの経過月数に対する内部抵抗を図 4-11 に示す。

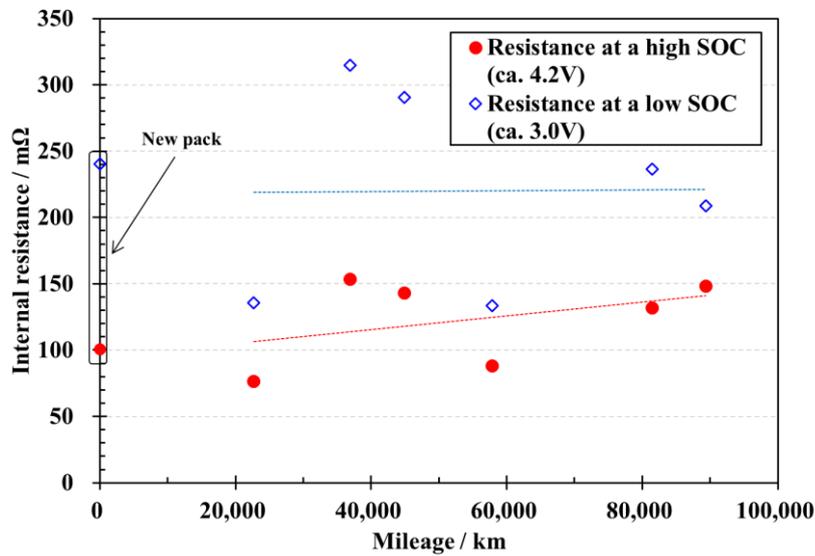


図 4-10 走行距離に対する内部抵抗

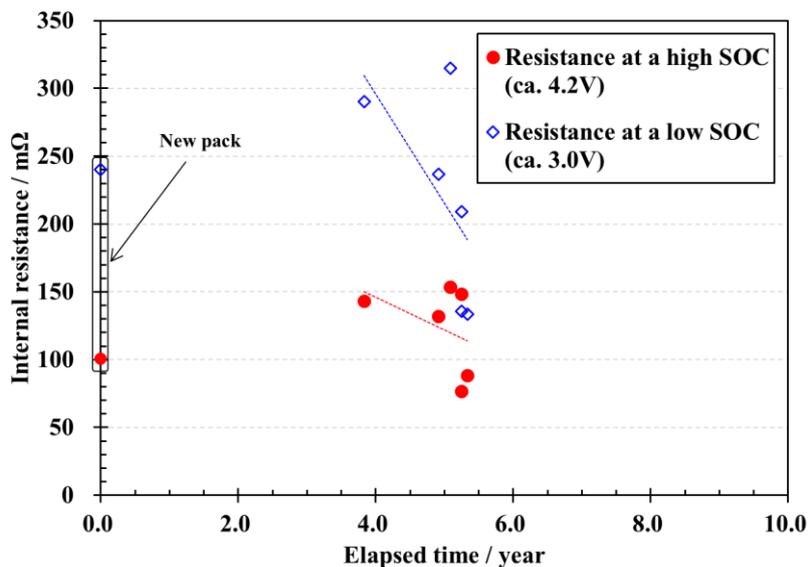


図 4-11 車両登録からの経過月数(現在-年式)に対する内部抵抗

d) 結論

新車発売からの経過月数が浅く、長期間使用されたリユース蓄電池パックが存在しないため、議論するには、今後回収されてくる長期間使用されたリユース蓄電池パックの評価を引き続き行う必要がある。

3) リユース蓄電池パックの内部抵抗および容量のバラツキ把握

新品およびリユース蓄電池パックの容量および内部抵抗を表 4-12 に示す。新品の LiB パックと比較して、リユース蓄電池パックの容量の減少は 10 %以下であり、内部抵抗の大幅な上昇も見られないことから、定置用の蓄電システム用途に十分使える状態であることがわかった。

表 4-12 新品およびリユース蓄電池パックの容量と内部抵抗測定結果(再掲)

電池パック	充電電力量	放電電力量	効率	充電内部抵抗	放電内部抵抗	走行距離	年式	
	[Wh]	[Wh]	[J%]	[mΩ]	[mΩ]	[km]		
新品	820	772	94.2	240	101	0		
使用済	①	784	723	92.2	136	76	22,716	2013年10月
	②	739	721	97.5	209	148	89,374	2013年10月
	③	768	731	95.2	133	88	57,845	2013年9月
	④	780	743	95.3	237	132	81,437	2014年2月
	⑤	809	774	95.7	290	143	44,938	2015年3月
	⑥	763	734	96.2	315	153	36,913	2013年12月

新品およびリユース蓄電池パックを充放電したときの電池パック内の全セルの放電電力量の正規分布を図 4-12、内部抵抗の正規分布を図 4-13 に示す。LiB パック単位での全セルの放電電力量ならびに内部抵抗のバラツキは小さく、特定のセルのみ劣化している様子は見られなかった。このことから、劣化したセルを取り除き、劣化していないセルを用いて再度組みなおす工程は不要と考える。

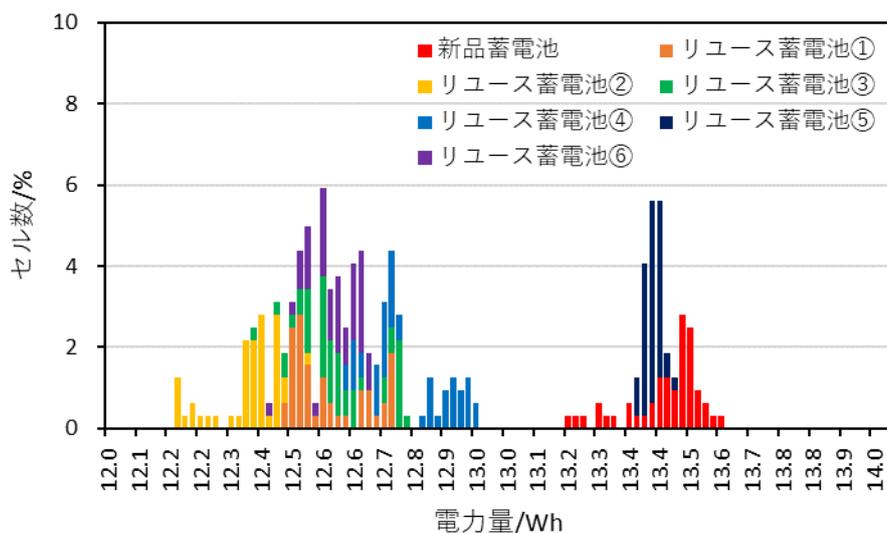


図 4-12 新品およびリユース蓄電池を充放電したときの電池パック内の全セルの放電電力量

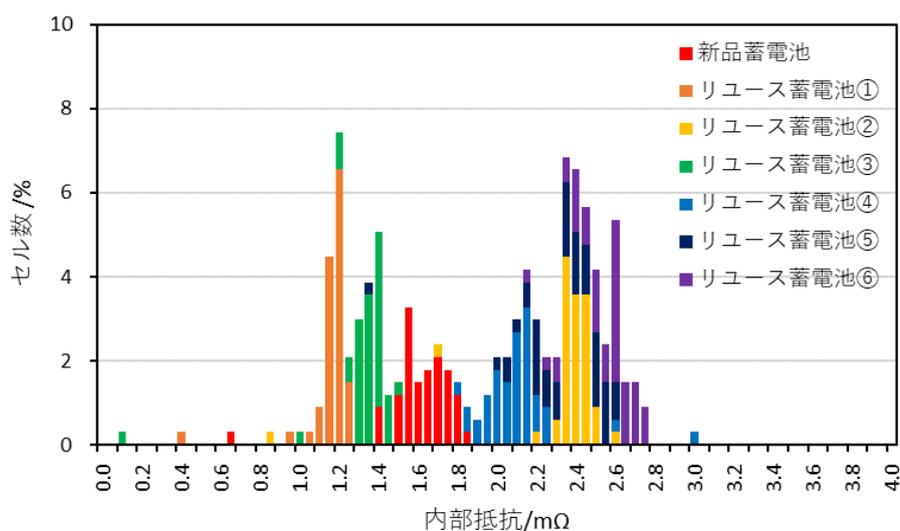


図 4-13 新品およびリユース蓄電池パックを放電したときの電池パック内の全セルの内部抵抗

#### 4) まとめ

本実証用途で用いる LiB パックの性能やパック内セルのバラツキを決定して、検査や運用における使用限界に適用するために、

- ✓ LiB パックを充放電して、容量や内部抵抗を測定した
- ✓ LiB パック内のセルの容量および内部抵抗を測定しバラツキを把握した
- ✓ 車両搭載時の走行距離に対する内部抵抗に、増加傾向があると考えた

廃車時にハイブリッド車から回収された 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していたが、今回評価した新品蓄電池およびリユース蓄電池パック①～⑥については、容量や内部抵抗に大きな差は見られなかった。また、セル単位の放電電力量や内部抵抗のバラツキも少なく、特定のセルの劣化は確認されなかった。

今後は事業化に向けて、以下の検討を進める。

- ✓ 統計学的な議論をするには、測定データ数を増加させる必要がある。(継続評価)
- ✓ 劣化状態把握時間の短縮化技術確認

## (2) リユース蓄電池パックの検査方法の設定

第 1 章:テストシステム構想に記載のリユース蓄電池パックの運用を満足するために、リユース蓄電池パックは次のように正常に稼働しなければならない。

- ✓ リユース蓄電池パックが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
- ✓ リユース蓄電池パックの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
- ✓ リユース蓄電池パック内の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
- ✓ リユース蓄電池パック内の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
- ✓ リユース蓄電池パックの電力値や電池パックに流れる電流値を検知するために、バッテリー ECU が正常に機能しなければならない
- ✓ 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

回収したリユース蓄電池パックのこれらの正常性を判断するために、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た。

### 1) LiB パックの構成部品

LiB パックの分解を行い、付属部品について確認を行った。LiB パックの主な構成部品は、LiB パックを車両に固定するためのフレーム、電池モジュール、バッテリー ECU、J/B(電磁開閉器)、冷却 FAN、それぞれの機器をつなぐハーネスから構成されている。

### 2) 検査フローおよびチェックリスト案

リユース蓄電池パック回収～検査フローを図 4-14 に示す。解体業者、ディーラー、一般整備工場等で実施可能な検査フローを検討した結果、解体業者やディーラー等では一次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を行い、リコーのグリーンセンターまた

は御殿場のリコーリユースリサイクルセンターでは二次検査として診断機、検査装置等が必要となる実動作の確認検査を行う検査フロー案を作成した。また、回収したリユース蓄電池パックについて各検査工程でのチェックリスト案を作成した。

チェックリストにおける合否判定基準となる閾値は、第2章の(4)リユース蓄電池パックの劣化予測のための単セルの寿命評価において、現在もなお進めている電池パック評価および単セル評価から、予測する寿命性能と製品運用を想定した需要性能を考慮して今後決定する。

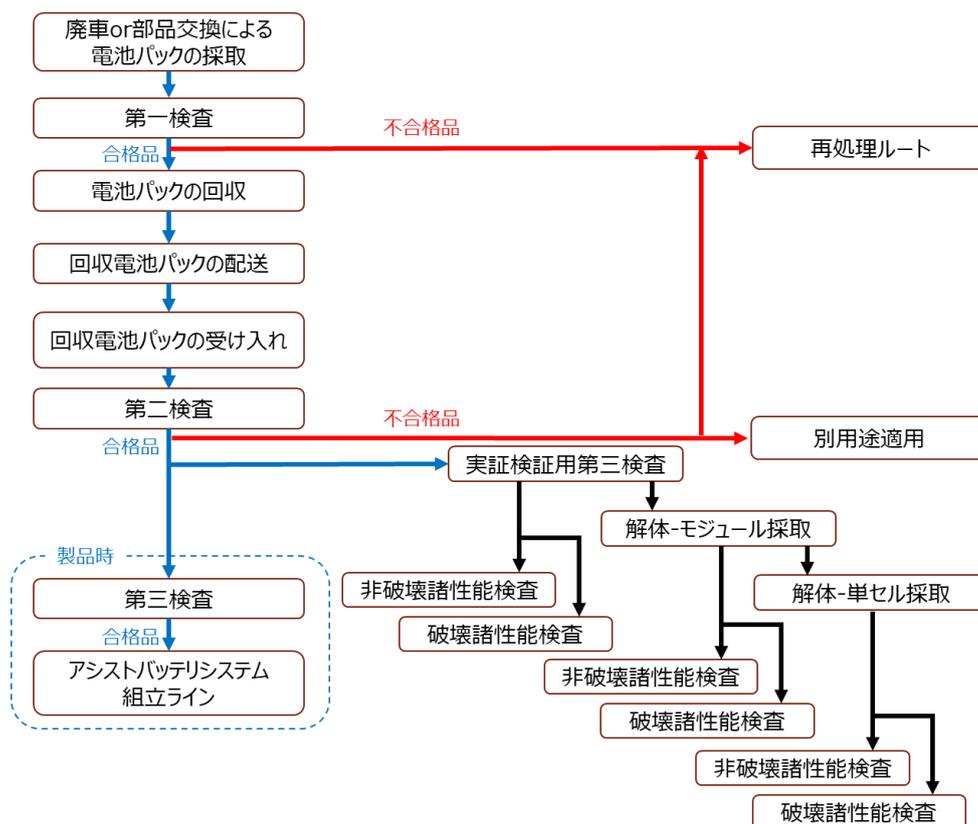


図 4-14 リユース蓄電池パック回収～検査フロー(案)

表 4-13 第一検査チェックリスト(案)

1. 外観検査

項目	有無	合否	備考
2001パック筐体損傷、傷の有無			
2002履歴による、バッテリーパックの劣化状態			
2003-200x主要パーツの有無			

表 4-14 第二検査チェックリスト(案)

1. 外観検査

項目	有無	合否	備考
2101電池パック筐体損傷、傷の有無			
2102履歴による電池パックの劣化状態			
2103-200x主要パーツの有無			

2. 回収時の電池パック絶縁検査

項目	値	合否	備考
電磁開閉器、電流遮断スイッチ OFF状態			
2201 端子間絶縁			
2202 筐体-端子間絶縁			

3. バッテリECU接点、CVS、電磁開閉器検査

項目	値	合否	備考
バッテリーECU			
2301 電磁開閉器起動スイッチ駆動			
CVS(セル電圧用A/Dコンバータ)			
2302 A/Dコンバータ電圧精度			
電磁開閉器			
2303 電磁開閉器 ON/OFF動作			
2304 電磁開閉器 安全遮断機能動作			

4. 電池パック電圧、内部抵抗検査

項目	値	合否	備考
電磁開閉器、電流遮断スイッチ OFF状態			
2401 端子間電圧	/ V		
2402 端子間内部抵抗	/ mΩ		

5. バッテリECUアクセスによる単セル検査

項目	値	合否	備考
2501単セル電圧			
最大	/ V		
最小	/ V		
偏差	/ V		
2503単セル内部抵抗			
最大	/ mΩ		
最小	/ mΩ		
偏差	/ mΩ		

6. センサー検査

項目	値	合否	備考
電流センサー			
2601電流センサー	/ mΩ		
温度センサー1			
2602 温度センサー1	/ mΩ		
2602 温度センサー2	/ mΩ		
2603 温度センサー3	/ mΩ		
2604 温度センサー4	/ mΩ		

表 4-15 第三検査チェックリスト(案)

1. 低率容量試験 (1A充電、1A放電)

項目	値	合否	備考
低率容量試験			
3101 電池パック蓄電電気量	/ Ah		
3102 セル間放末電圧最大偏差	/ V		

2. 高率充電(25A充電)、放電試験(50A放電)

項目	値	合否	備考
高率充電、放電試験			
3201 低率充電後の高率放電電気量	/ Ah		
3202 高率充電後の低率放電電気量	/ Ah		

3. 自己放電試験

項目	値	合否	備考
電磁開閉器、電流遮断スイッチ OFF状態			
3301 満充電24h放置後の低率放電電気量	/ Ah		

### 3) 回収検査・選別環境構築

市場から回収されたリユース蓄電池パックの検査・選別用のプログラムを作成した。リユース蓄電池パック検査プログラムの操作画面の一例を図 4-15 に示す。J/B の電磁開閉器を動作確認するために外部から電源を供給するコネクタはアクセスしにくい位置にある。そこでパックの上蓋を取り外すのみでアクセス可能な位置にあるバッテリーECU へ外部電源を供給するハーネスを作成し、受け入れ検査時の作業性の改善を行った。

バッテリーECU や電磁開閉器等の周辺部品の動作確認およびバッテリー電圧等の測定結果を用いて選別する。

現在仮設定した検査基準は、今後の EV 急速充電テストシステムでの評価結果や、実際に市場から回収されたリユース蓄電池パックの状況、フィジビリティスタディでのユーザーの要求にあわせて、検査基準の最適化を行っていく必要がある。

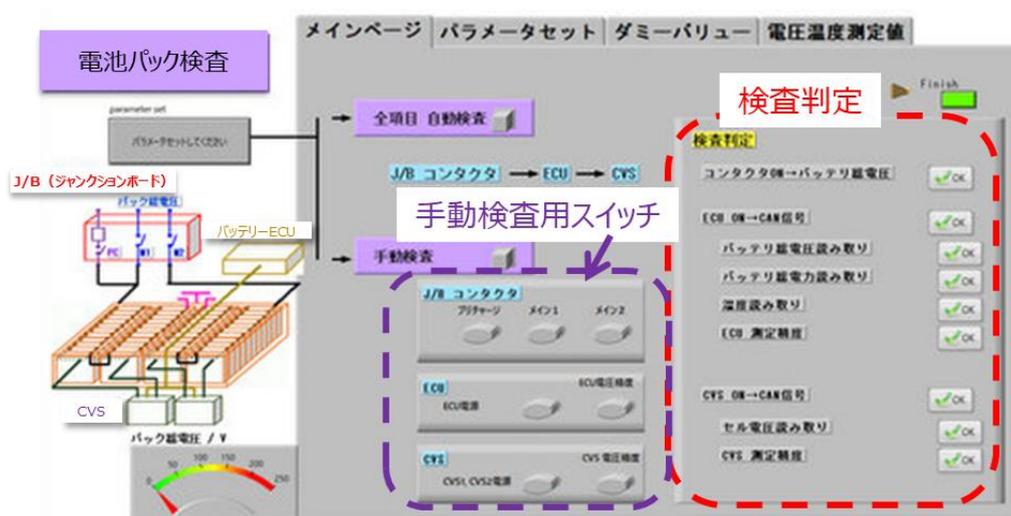


図 4-15 リユース蓄電池パック検査プログラムの操作画面の一例

#### (3) リユース蓄電池パックのリユース合否判定および劣化電池パックの交換基準の設定

回収した LiB パックのリユース合否判定基準を決めるためには、製品運用における電力システムの在り方の確定が必須である。また、運用後の劣化した電池パックの交換基準を決定するためには、上記に加えて容量が低下したリユース蓄電池パックをどこ程度までユーザーが受け入れられるか、フィジビリティスタディ等での確認が必要である。

リユース蓄電池パックのバラツキを検査し、同時に組み合わせ使用可能なグループ分けを検討しようとしていたが、入手できたリユース蓄電池パックのバラツキは小さく、ほとんど劣化が見られなかったため、現時点では組み合わせ基準の設定は不要と判断した。

ここでは LiB パックの内部抵抗測定結果および容量測定結果と、現時点でのリユース蓄電池パックからのアシストの仕様案から、リユース合否判定の暫定基準を設定した。

### 1) 内部抵抗の暫定基準の試算

リユース蓄電池パックの数を 10 台、アシスト電力を 50 kW、電池電圧範囲を 120~200 V としたとき、中心電圧の 160 V 付近での使用時の電流は、 $50 \text{ kW}/160 \text{ V} \doteq 310 \text{ A}$  となる。

中心電圧 160 V に、内部抵抗上昇によるロス分を 20V と仮設定した場合、リユース蓄電池パック 10 台の内部抵抗  $R=20 \text{ V}/310 \text{ A} \doteq 65 \text{ m}\Omega$  となる。

$1/R_0 = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_{10}$  より、リユース蓄電池パック 1 台の内部抵抗の基準は確実に動かすための暫定基準として 650 mΩ とした。

### 2) 容量の暫定基準の試算

5 分間の EV 急速充電で 40 km 走行分の充電を目指し、その際に必要な電力を 4.0 kWh、そのうちの半分をアシストすると仮設定した場合、2.0 kWh の容量が必要である。リユース蓄電池パックを 25 % の深さで使用した場合、 $2.0 \text{ kWh} \div 25 \% = 8.0 \text{ kWh}$  の容量が必要となる。これは約 800 Wh の容量のリユース蓄電池パック 10 パック分に相当する。

劣化によるリユース蓄電池パックの容量低下分を補うためには、リユース蓄電池パックの数を増やすか、リユース蓄電池パックの使用範囲を広げる必要がある。

リユース蓄電池パックの数を増やす場合、製品の大きさに影響するため 20 % 増加まで許容すると仮設定すると、10 パックから 12 パックへ増加するが、容量は 20 % 減少まで許容され、 $800 \text{ Wh} \times 0.8 \doteq 650 \text{ Wh}$  となる。また、10 パックのまま、安全性および長期間使用することを考慮しつつ、リユース蓄電池パックの使用範囲を 30 % まで広げた場合、 $2.0 \text{ kWh} \div 30 \% \doteq 6.5 \text{ kWh}$  となり、1 パックあたり 650 Wh が容量の暫定基準となる。

### 3) まとめ

以上の試算から、次のようにリユース合否判定の暫定基準を設定した。

- ✓ リユース蓄電池パックの内部抵抗 650 mΩ 以下
- ✓ 容量 650 Wh 以上（放電電力量）

リユース合否基準および劣化電池パックの交換基準を厳しく設定したほうが安全面では良くなるが、LCA の視点ではリユース蓄電池パックを可能な限り、長期間再使用する方が好ましい。ユーザー視点では、装置の大きさやリユース蓄電池パック交換頻度 UP によるコスト増と EV 急速充電の性能とのバランスなどの確認が必要となる。今後のフィジビリティスタディで、事業化に向けて、以下の検討を進める。

- ✓ ユーザー要求を満たすためのリユース蓄電池パックの交換基準を決定する（経済性含む）
- ✓ フィジビリティスタディを通して、技術的視点、ユーザー視点、LCA 視点を勘案した合否判定基準となる閾値を決定する。

#### (4) リユース蓄電池パックの劣化予測のための単セルの寿命評価

一定の運用がなされた蓄電池パックを EV 急速充電器へのアシスト電源として再活用するという本実証を実現するための課題の一つとして、対象となる LiB 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て適切に運用から離脱・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。

そこで、本アシスト電源として用いるリユース蓄電池パックの耐用年数を見積もるために、リユース蓄電池を解体してそこから単セルを採取し、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サイクル寿命性能を評価した。

##### 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サイクル寿命性能を評価し、リユース蓄電池パックの耐用年数を見積もる劣化予測式を導出する。

##### 2) 試験方法

蓄電池パック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<sup>1,2)</sup>16°C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 °Cから60 °Cまでの温度範囲、そして、2.5 Vから4.2 Vおよび1.0 Vから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。

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20 °C、40 °C、および60 °C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。

評価セルは、20 °C、40 °C、および60 °Cのそれぞれにおいて、1.0 Vから4.2 Vまでの電圧範囲および2.5 Vから4.2 Vまで電圧範囲の初期の蓄電電気量を決定するために、定格の蓄電電気量 5.0 Ah<sup>3)</sup>として、0.2 Cの電流で所定の下限電圧まで残放電し、その後、0.2 Cの電流で所定の上限電圧まで定電流充電および上限電圧での定電圧充電を30分間行った。その後、10分間の休止を経て、0.2 Cの電流で下限電圧まで定電流放電を行った。この充放電を3回繰り返し、3回目の放電で得られた電気量をそのセルの蓄電電気量の初期値とした。2.0 Cの電流で行ったこの充放電を“容量試験”とした。

容量試験を終えた後、各セルを 1.0 C の電流で上限電圧まで定電流充電し、10 分間の休止後に 1.0 C の電流で下限電圧まで定電流放電し、再度、10 分間の休止をした。この充放電を 1 サイクルとして、各セルの充放電を繰り返した。充放電の繰り返しの中で、セルの蓄電電気量の変化を調べるために、任意の時点で各セルの容量試験を行った。

### 3) 試験結果

20 °C、40 °C、および60 °Cのそれぞれにおいて、1.0 Vから4.2 Vまでの電圧範囲および2.5 Vから4.2 Vまで電圧範囲を条件とした評価セルの1.0 C充放電の繰り返しにおける任意の時点で行った容量試験で得られた蓄電電気量の変化を図4-16に示した。

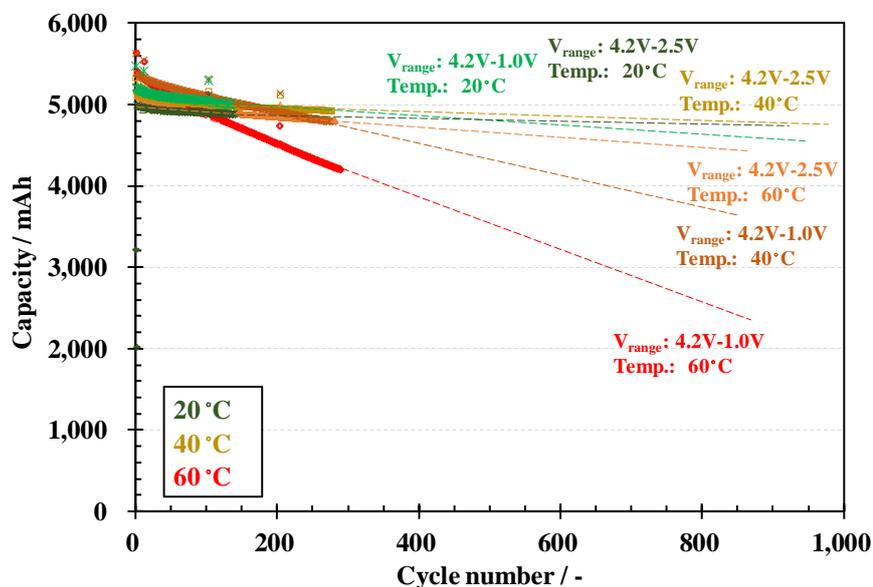


図 4-16 20 °C、40 °C、60 °Cおよび 4.2 V-2.5 V および 4.2 V-1.0 V  
1C 充放電サイクルにおける新品電池パックから採取した単セルの蓄電電気量  
(1C および容量試験の容量)の変化

20 °Cから60 °Cまでの温度範囲において、電圧範囲を2.5 Vから4.2 Vまでとして充放電した評価セルの蓄電電気量は、例えば60度では、初期値となる約5,300 mAhから200サイクル後に約5,000 mAhに減少した。電圧範囲を1.0 Vから4.2 Vまでとした評価セルの充放電における蓄電電気量は、電圧範囲を2.5 Vから4.2 Vまでとした充放電よりも早く減少し、例えば、60 °Cでは、約5,600 mAhの初期値から200サイクル後に4,700 mAhまで減少した。充放電曲線の一例として、60 °Cにおいて1.0 Vから4.2 Vまでの電圧範囲および2.5 Vから4.2 Vまで電圧範囲を条件とした評価セルの1.0 C充放電サイクルにおける初期、10、100、および200サイクル後に行った容量試験の充放電曲線を図4-17に示した。

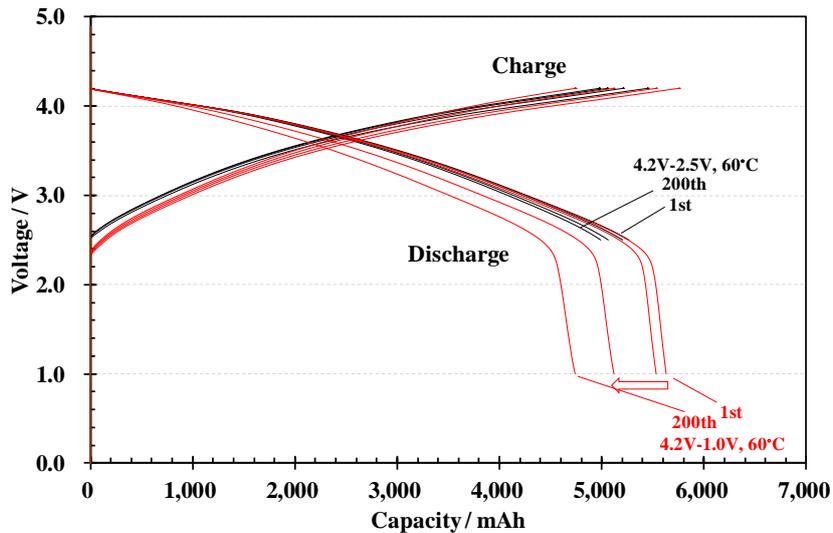


図 4-17 60 °C、4.2V-2.5V および 4.2 V-1.0 V を電圧範囲とした 1 C 充放電サイクルにおける単セルの容量試験の充放電曲線

充放電範囲が1.0 Vから4.2 Vに設定した場合の評価セルの放電曲線には、正極かあるいは負極が完全放電され、次の反応ステップに移行することを示す電圧の立ち下りが観察された。この領域を敬遠させないように充放電下限電圧を1.0 Vから2.5 Vまでに引き上げた条件では、200サイクルまでの充放電での蓄電電気量減少が少なく、電池の劣化を特性し得ることが分かった。

次に、LiBパックの運用における耐用年数を予測するために、LiBの蓄電電気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<sup>4-6)</sup>。

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

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、その間に変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氣量を  $P$  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、

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

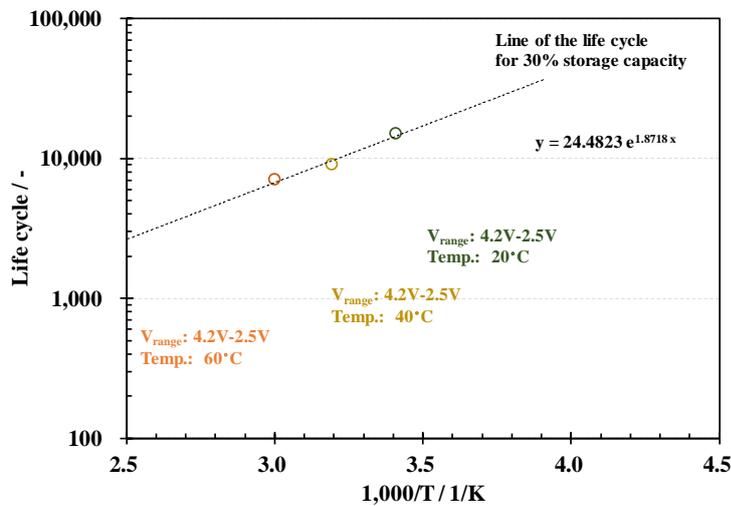
で与えられ、 $1,000 / T$  を変数とした  $\ln t$  は、傾きが  $E_a / (1,000 \cdot R)$  および  $y$  切片が  $\ln (P / I \cdot A)$  となる直線で表される。

今、HEVのアシスト電源として使用されてきたLiBパックを一定の使用を経験したのちにEV急速充電器のアシスト電源としてリユースする際、アシストし得る一定の電力量が必要となることと、アシストバッテリーをできる限り長期にわたって使用することが、温室効果ガス発生を低減につながることを鑑みて、評価セルの使用限界を、蓄電電氣量が初期値の30 C%を維持できるサイクル数までとし、**図4-16**で示した評価セルの蓄電電氣量変化を直線外挿して、初期値の30 C%を維持できるサイクル数を決定した。電圧範囲を2.5 Vから4.2 Vまでとした場合、60 °Cでは約7,000サイクル、40 °Cでは、約9,000サイクル、20 °Cでは、約15,000サイクルと決定した。この数値を用いて、評価セルの充放電の繰り返しにおける、絶対温度と蓄電電氣量が初期の30 C%を維持することができるサイクル数の期待値の関係が、**図4-18a**に示すように直線関係にあることが分かった。近似直線から、東京の年平均気温 約16 °Cに対する耐用サイクル数の期待を、約16,000サイクルと見積もることができる。

アシストバッテリーの運用が、一日あたりに4回のアシスト動作およびアシストバッテリーへの充電がなされることを想定した時、アシストバッテリーの蓄電電氣量が初期の30 C%を維持することができる期待耐用年数は、**図4-18b**に示す絶対温度と耐用年数の関係から、約10年と見積もることができ、電池の劣化に関わる見かけの反応の活性化エネルギーが凡そ0.2 eV(= 16 kJ/mol)であった。本予測が妥当であると考え。一方、リユース蓄電池パックの東京圏内でEV充電器としてのリユースを想定した温度および電圧範囲、そして、耐用年数を判断する電池が維持すべき蓄電電氣量は、運用環境および設置環境によって、再設定すべきであり、設定時に応じて結果が変化する。

また、LiBパックがリユース品として回収された直後の検査によって蓄電電氣量を測定し、残寿命を推定することが可能となる。

(a)



(b)

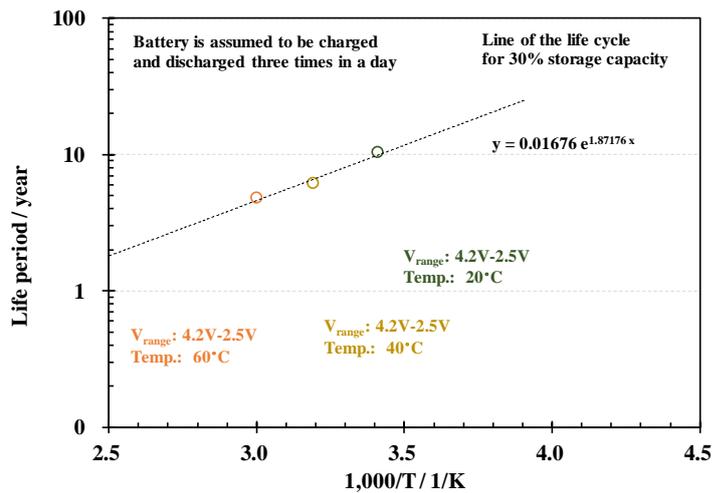


図 4-18 60 °C、4.2 V-2.5 V 充放電における初期電気量の 30 %維持サイクル数に  
対するアレニウスプロット(a)サイクル数 (b)耐用年数

#### 4) まとめ

温度および電圧範囲を条件とした単セルの寿命評価によって、リユース蓄電池パックの残寿命を予測するための解析手法を定義し、劣化予測式の一例を導出することができた。

今後は、残寿命予測から期待値を反映した電圧範囲の制御による長寿命化運用技術を構築しようとしており、システム構造およびリユース蓄電池パックの合否判定基準への反映が必要である。

また、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の状況などが電池特性にどの程度影響を与えるのか、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予測することが今後の課題である。

### 第3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 電池残容量確認

##### 1) 試験車両

EV 急速充電テストシステムの評価に用いた試験車両情報を表 4-16 に示す。

表 4-16 試験車両情報

グレード	ワゴン G(7 人乗)	
車名型式	ニッサン MI ZAA-ME0	
駆動用バッテリー	種類	リチウムイオン電池
	総電圧	360 V
	総電力量	24 kWh

出典：[http://www.nissan.co.jp/ENV200/PDF/e-NV200\\_specification.pdf](http://www.nissan.co.jp/ENV200/PDF/e-NV200_specification.pdf)

##### 2) EV 電池残容量確認

EV のメーター表示および EV 急速充電器の残容量表示を確認した。走行および EV への充電等を行わない場合も、残容量表示が増減することがあるため、参考値として扱った。



図 4-19 EV のメーターによる残容量確認

#### (2) リユース蓄電池パックからのアシストなしでの EV 充電動作検証

##### 1) 目的

リユース蓄電池パックからのアシストありの EV 充電動作と比較するため、アシストなしの状態での通常の EV 充電動作を確認する。

##### 2) 試験方法

あらかじめ試験車両の電池残容量を約 20 % (EV のメーター表示値) の状態にし、通常の EV 急速充電を行った。1 分ごと、操作パネルに表示されている各種電力値、および EV 急速充電器に表示される試験車両の電池残容量を確認した。

### 3) 試験条件

操作パネルを用いて、リユース蓄電池パックの DC/DC コンバータ設定は自動運転、リユース蓄電池パック 1～リユース蓄電池パック 4 の充電電力と放電電力を表 4-17 の通り設定し、EV への充電評価を行った。

表 4-17 通常の運転条件の充電電力と放電電力設定

	充電電力	放電電力
蓄電池パック 1	0 W	0 W
蓄電池パック 2	0 W	0 W
蓄電池パック 3	0 W	0 W
蓄電池パック 4	0 W	0 W

### 4) 結果

リユース蓄電池パックからのアシストなしの設定で、EV への充電動作を確認できた。通常の EV 充電時の出力、系統からの消費電力、試験車両の電池残容量の推移を確認した。結果を図 4-20 に示す。

EV 充電開始から約 20 分間は 23 kW 程度出力されており、EV の電池残容量が増加するにたがって、徐々に EV への出力が減少していく様子が確認された。約 1 時間の EV 充電で、EV の電池残容量は 20 % から 95 % まで充電された。

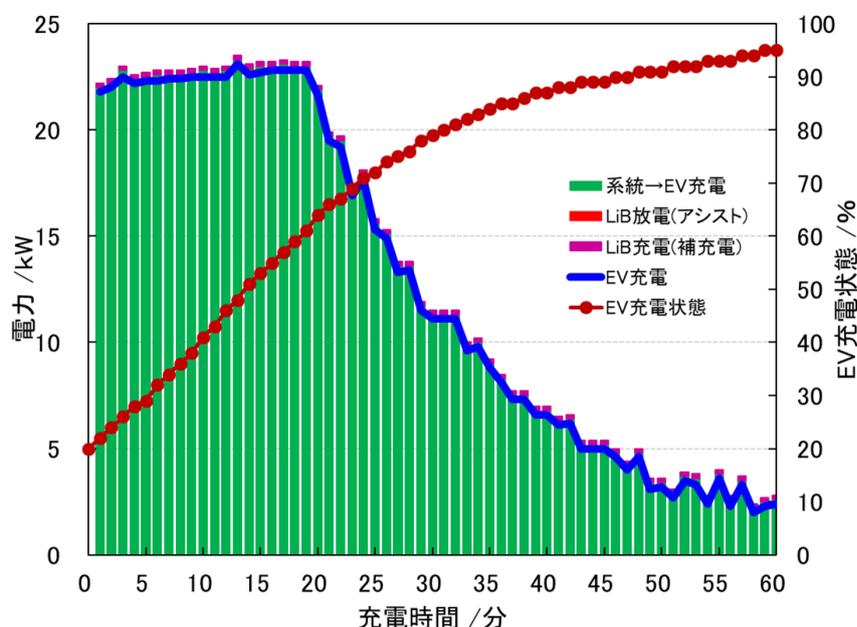


図 4-20 リユース蓄電池パックからのアシストなしでの EV 充電の推移

(3) リユース蓄電池パックからのアシストありでの EV 充電動作検証(電池パック 4 台)

1) 目的

リユース蓄電池パック 4 台を並列接続し、リユース蓄電池パックからのアシスト機能が動作するか確認する。

2) 試験方法

あらかじめ試験車両の電池残容量を約 20 % (EV のメーター表示値) の状態にし、リユース蓄電池パック 1~リユース蓄電池パック 4 をすべて用いて EV 急速充電を行った。1 分ごと、操作パネルに表示されている各種電力値、および EV 急速充電器に表示される試験車両の電池残容量を確認した。

3) 試験条件

操作パネルを用いて、リユース蓄電池パックの DC/DC コンバータ設定は自動運転、リユース蓄電池パック 1~リユース蓄電池パック 4 の充電電力と放電電力を表 4-18 の通り設定し、EV への充電評価を行った。電池パリュース蓄電池からの放電電力が最大となるようにアシスト閾値を 15 kW、補充電閾値設定を 13 kW と設定した。

表 4-18 運転条件の充電電力と放電電力設定

	充電電力	放電電力
蓄電池パック 1	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 2	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 3	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 4	1,250 W	1,250 W

4) 結果

リユース蓄電池パック 4 台を並列接続した EV 急速充電テストシステムにおいて、リユース蓄電池パックから EV 急速充電器へのアシスト動作が実証された。結果を図 4-21 に示す。EV 充電開始から 20 分まではリユース蓄電池パック 4 台から合計約 4.5 kW のアシスト動作が可能であった。21 分後からアシスト電力は徐々に減少し 25 分後にアシスト動作が停止した。

EV 充電開始から 28 分後に EV 充電電力が補充電閾値 13 kW を下回り、リユース蓄電池パックへの補充電が開始した。EV 充電電力が減少するにつれて、補充電閾値 13 kW を超えない範囲で、補充電動作が可能であった。

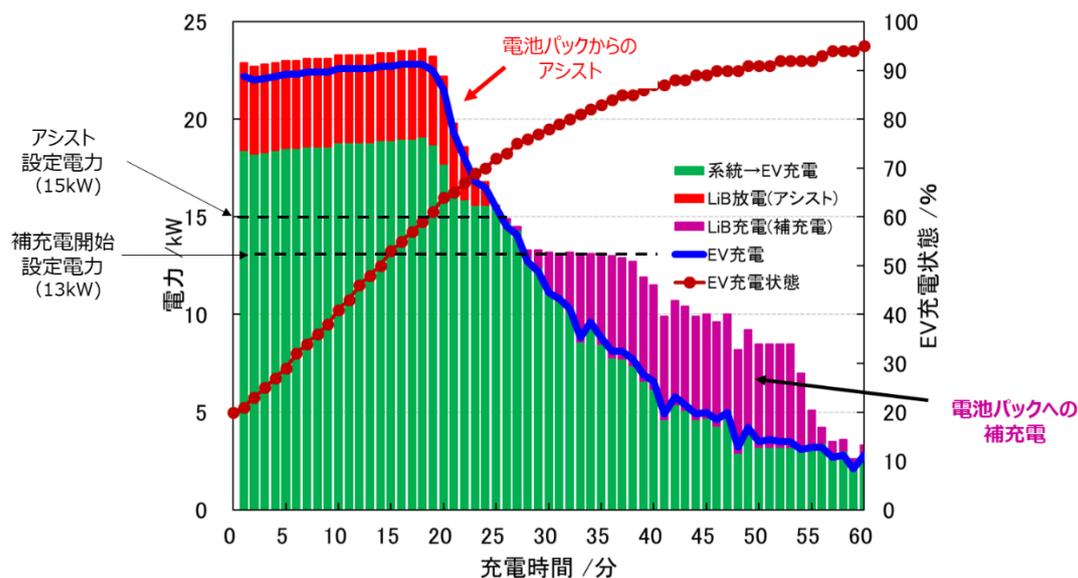


図 4-21 リユース蓄電池パック 4 台によるアシストありでの EV 充電動作の推移

(4) リユース蓄電池パックからのアシストありでの EV 充電動作検証(電池パック 2 台)

1) 目的

リユース蓄電池パック 2 台を並列接続し、リユース蓄電池パックからのアシスト機能の動作確認およびリユース蓄電池パック 4 台との性能比較をする。

2) 試験方法

あらかじめ試験車両の電池残容量を約 20 % (EV のメーター表示値) の状態にし、リユース蓄電池パック 1 およびリユース蓄電池パック 3 の 2 台を用いて、EV 急速充電を行った。1 分ごと、操作パネルに表示されている各種電力値、および EV 急速充電器に表示される試験車両の電池残容量を確認した。

3) 試験条件

操作パネルを用いて、パック 1～パック 4 の充電電力と放電電力を表 4-19 の通り設定し、リユース蓄電池パック 1 およびリユース蓄電池パック 3 が充放電動作する状態で、EV への充電評価を行った。アシスト閾値を 15 kW、補充電閾値設定を 13 kW と設定した。

表 4-19 運転条件の充電電力と放電電力設定

	充電電力	放電電力
蓄電池パック 1	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 2	0 W	0 W
蓄電池パック 3	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 4	0 W	0 W

#### 4) 結果

リユース蓄電池パック2台によるアシストありでのEV充電動作確認を図4-22に示す。EV充電開始から19分まではリユース蓄電池パック2台から合計約2.1kWのアシスト動作が可能であった。20分後からアシスト電力は徐々に減少し23分後にアシスト動作が停止した。

EV充電開始から28分後にEV充電電力が補充電閾値13kWを下回り、リユース蓄電池パックへの補充電が開始した。EV充電電力が減少するにつれて、補充電閾値13kWを超えない範囲で、補充電動作が可能であった。

リユース蓄電池パック4台からのアシストとリユース蓄電池パック2台からのアシストの比較した結果、パック4台の時は約4.5kW、パック2台の時は約2.1kWのアシストが確認された。リユース蓄電池パック1台当たり最大1,250Wの出力のため、リユース蓄電池パックの数と比例して、アシスト出力がほぼ半減していることがわかる。

製品化する際には、アシスト設定電力に応じたリユース蓄電池パックの数およびリユース蓄電池パックからの最大入出力電力の試算を行い、設計に反映する必要がある。

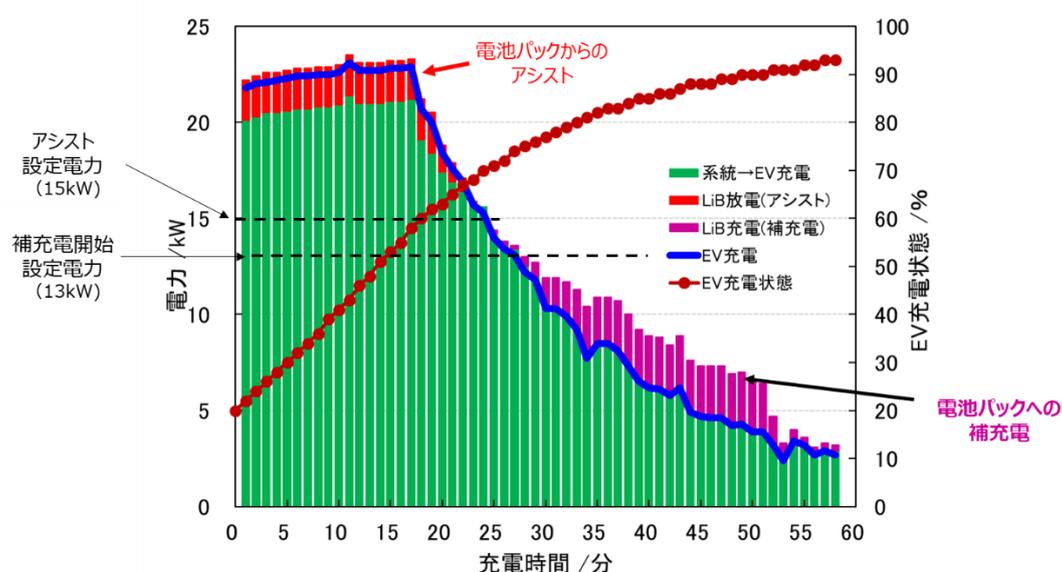


図 4-22 リユース蓄電池パック2台によるアシストありでのEV充電動作確認

#### (5) 複数並列に接続したリユース蓄電池パックの切り離し動作確認

##### 1) 目的

故障や寿命に達したリユース蓄電池の取り外しを想定し、稼働中のリユース蓄電池パックの切り離し動作が可能か確認する。

## 2) 試験方法

あらかじめ試験車両の電池残容量を約 14 % (EV のメータ表示値) の状態にし、リユース蓄電池パック 1～リユース蓄電池パック 4 をすべて用いて、EV 急速充電を行った。

1 分ごと、操作パネルに表示されている各種電力値、および EV 急速充電器に表示される試験車両の電池残容量を確認した。

## 3) 試験条件

操作パネルを用いて、リユース蓄電池パック 1～リユース蓄電池パック 4 の充電電力と放電電力を表 4-20 の通り設定し、アシスト閾値を 10 kW、補充電閾値設定を 8 kW と設定した。

EV への充電開始から 2 分ごとにリユース蓄電池パックの DC/DC コンバータの設定を変更し評価を行った。表 4-21 にリユース蓄電池パックの DC/DC コンバータ設定を示す。

表 4-20 運転条件の充電電力と放電電力設定

	充電電力	放電電力
蓄電池パック 1	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 2	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 3	1,250 W	1,250 W
蓄電池パック 4	1,250 W	1,250 W

表 4-21 リユース蓄電池パックの DC/DC コンバータ設定

	条件 1	条件 2	条件 3	条件 4	条件 5	条件 6
	アシスト なし	アシスト 4 台	アシスト 3 台	アシスト 2 台	アシスト 1 台	アシスト なし
蓄電池パック 1	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
蓄電池パック 2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF
蓄電池パック 3	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF
蓄電池パック 4	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF

## 4) 結果

EV 充電動作中にリユース蓄電池パックからのアシストを順次停止しても、EV 充電動作が継続することを確認した。リユース蓄電池パック数変更によるアシスト量の変化を図 4-23 に示す。EV 充電を継続した状態で、アシストなしからリユース蓄電池パック 4 台のアシストありへの変更や、アシストするリユース蓄電池パックの数を 4 台から 0 台まで順次変更可能なことを確認した。

EV への充電電力は 22 kW 程度を維持しており、EV の電池残容量は約 14 % から 35 % まで充電された。

本テストシステムでのリユース蓄電池 1 パックあたりの出力電力の上限は 1,250 W である。4

パック合計の出力電力の上限は 5,000 W で、パック数が減少するに従ってアシスト量が減少していったと同時に系統電力から減少分が供給され、EV 充電動作に影響はないことがわかった。

テストシステムでは、EV 充電器から要求される電力に対して、LiB パックからのアシストで賄えない電力は、系統電力から供給される仕様となっているが、事業化に向けては、EV 充電器から要求される電力を制御することにより、系統電力抑制の実現を目指す。

今後は、故障や寿命を迎えたリユース蓄電池パックの交換時のアシスト能力低下を想定し、系統電力の上昇を抑えるために、リユース蓄電池パックの出力電力の上限を引き上げ、残された正常なリユース蓄電池パックの出力電力の調整によって、アシスト出力低下分を補うことができるシステム構成および制御方法を検討する。

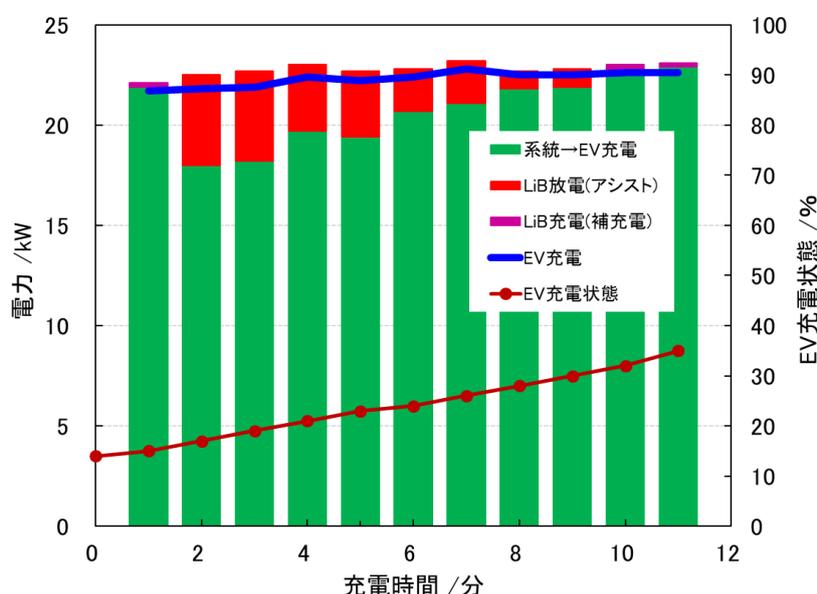


図 4-23 リユース蓄電池パック数変更によるアシスト量の変化

#### (6) 今後の方向性

EV 急速充電テストシステムを用いて、複数台のリユース蓄電池パックを同時に制御し、EV 急速充電器へのアシスト用途に用いることが可能なことが実証された。

本実証では、並列接続における安全回路として、ある特定電池パックへの過大電流の抑制を各電池パックに DC/DC コンバータが担うようにした。

今後、各電池パックに流れる電流の自動抑制の検討や、リユース蓄電池パックの数を増やしたフィールド機での実証を行う。また、製品化を目指していく中で、市場ニーズの深堀調査や実際のフィールドでの使い方に合わせて、アシスト設定電力に応じたリユース蓄電池パックの数およびリユース蓄電池パックからの最大入出力電力の試算を行い設計に反映していく。

## 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](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).

## 第5編 LCA 評価、CO2 削減量試算

本編では、使用済みハイブリッド車(HEV)用 LiB について、従来の廃車処理に伴う輸送と複写機・自動車等循環回収物流を活用した LiB の処理を行った場合の CO2 排出量削減効果を試算した。

また、使用済み HEV 用 LiB を定置用製品への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

使用済みの HEV から回収される LiB の回収物流について、自動車解体業者等による解体から産業廃棄物処理業者へ輸送する現在の回収物流に対して、複写機等の事務機器回収の循環物流を活用し、使用済み LiB と複写機等を混載輸送することにより、CO2 排出量削減効果を LCA 実施することにより確認する。



図 5-1 循環回収物流活用による CO2 排出削減シナリオ

現在実施されている使用済み電池の回収は 廃棄電池が発生するごとに車を手配し、輸送している。この方式では今後、大量の使用済み電池が発生した場合 CO2 排出量が増大する。また、電池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、本実証は既存の複写機等のリサイクル品の回収ルートに使用済み電池を混載させるため、少量の運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 排出量も削減できる。

(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、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。配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。

本実証では 解体業者で使用済み電池を解体するところまでは同一だが、その後の使用済み電池輸送に既存定期輸送の戻りを利用して、自動車販売店、部品販売店に輸送することにより末端輸送の CO2 排出量を削減する。また、部品販売店から回収された使用済み電池は全国にある SBS リコーロジスティクスグリーンセンターに輸送され、グリーンセンターからリコー環境事業開発センターまではコピー機と使用済み電池の混載輸送を実施することにより大量輸送時の CO2 排出量を低減する。

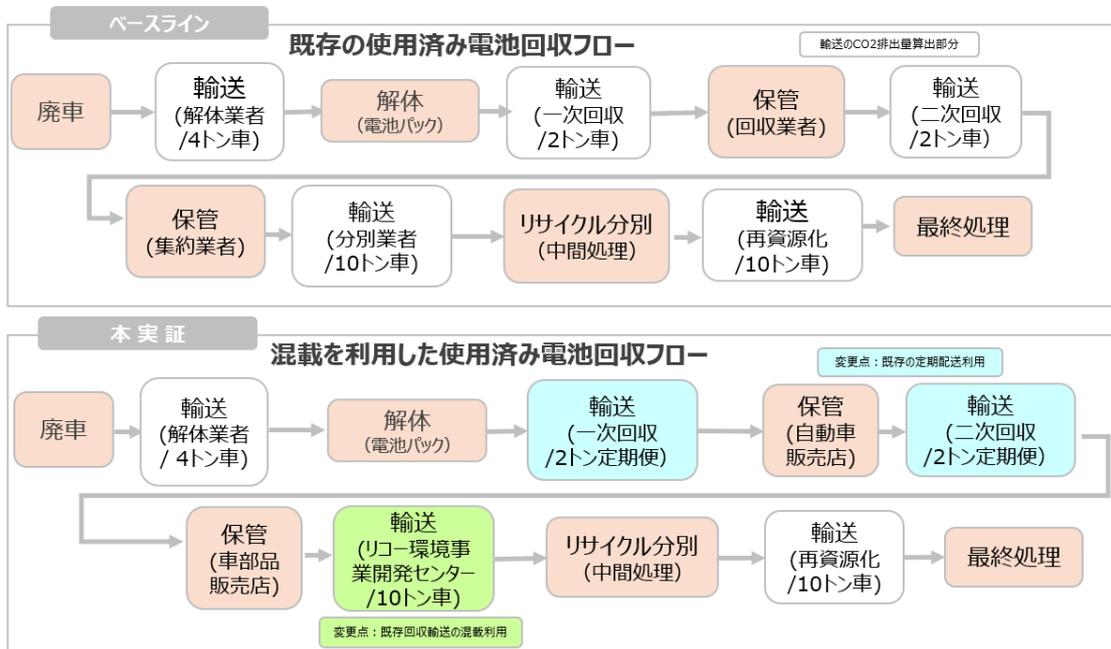


図 5-2 循環回収物流のライフサイクルフロー図

(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 5-1 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 5-2 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
1 次回収業者への輸送	2トン車に電池 1 台(50 kg) 積載、距離 20 km (電池 1 台は搬送治具含めた重量で試算)
2 次回収業者への輸送	2トン車、積載重量 240 kg うち、電池 2 台(100 kg)、距離 20 km
分別業者への輸送	10トン車、積載重量 3,600 kg、うち、電池 1 台(50 kg) 距離の終点は栃木県小山市とした 東北 1,300 km、関東 200 km、九州、2,400 km と定義した(往復) 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

## 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 5-1 を用いる。

表 5-3 本実証算出条件

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
1 次回収業者への輸送	2トン車に電池 1 台(50 kg)積載、距離 5 km 既存輸送便の帰りを利用する
2 次回収業者への輸送	2トン車、積載重量 240 kg、うち、電池 2 台(100 kg)、距離 10 km 既存輸送便の帰りを利用する
分別業者への輸送	10トン車。積載重量 3,600 kg うち、電池 1 台(50 kg) 距離の終点は静岡県御殿場市とした。 東北 1,300 km、関東 200 km、九州、2,400 km と定義した(往復) 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

使用済み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 15.6 kg-CO2 の排出量削減効果が見込まれる。

表 5-4 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
	1次回収業者への輸送	8.5
	2次回収業者への輸送	3.6
	分別業者への輸送	12.1
	再資源化業者への輸送	0.2
	ベースライン計	30.1
本実証	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
	本実証計	14.5
CO2 排出削減量		15.6

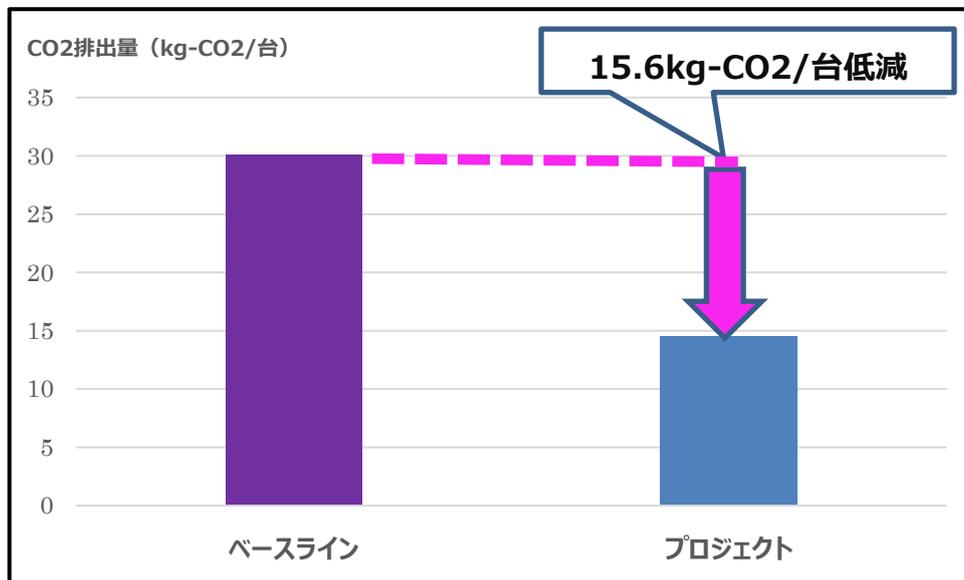


図 5-3 CO2 排出削減量効果 (電池輸送 1 台あたり)

## 第2章 ハイブリッド車から回収された 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・再資源化をせずに、6 年間定置型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 5-4 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、リユースとも同じ電池を使用する。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。

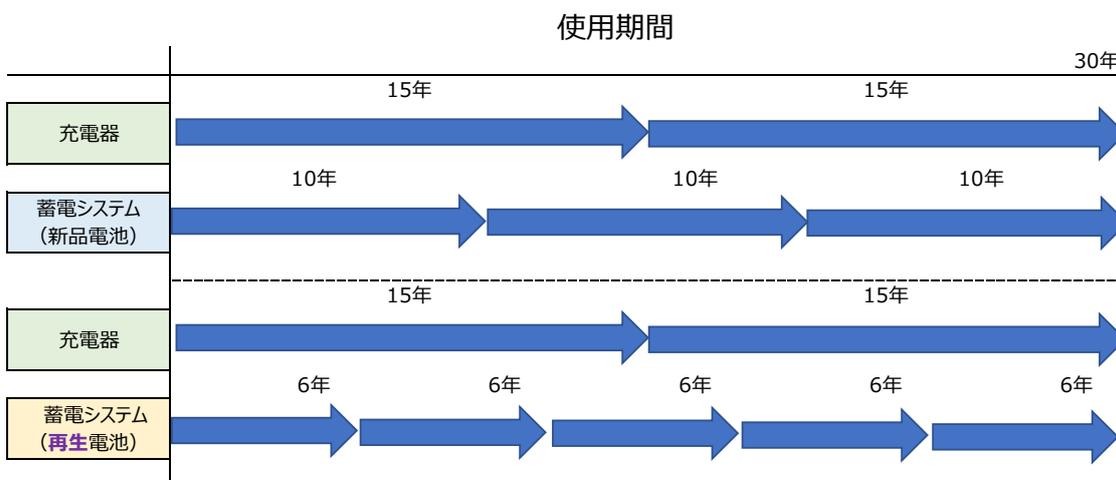


図 5-5 循環利用による CO2 排出削減シナリオの比較期間

(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 5-6 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。

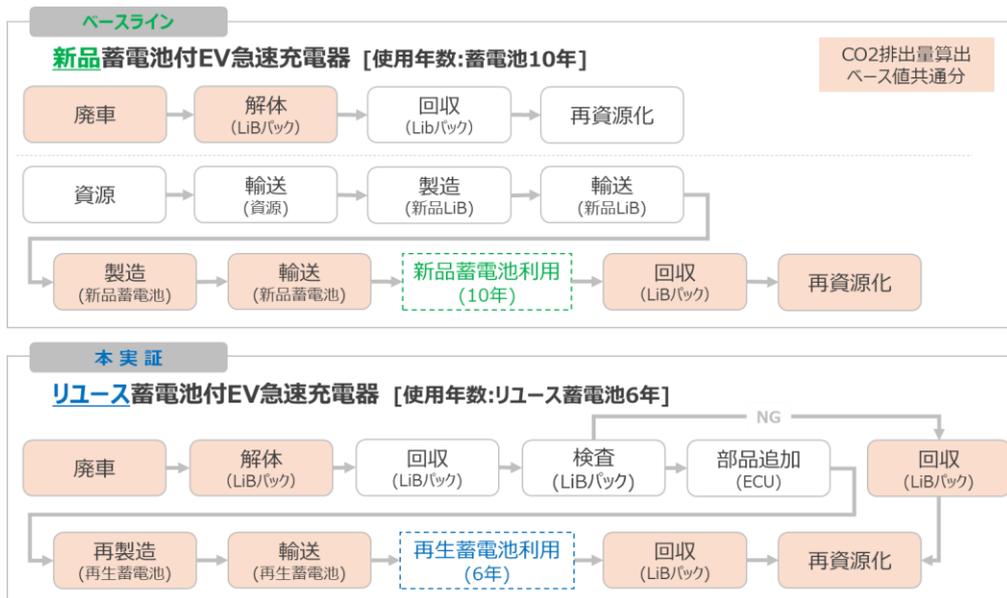


図 5-6 循環利用による本システムのライフサイクルフロー図

(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 5-5 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	30.1	kg-CO2/台
電池の廃棄に伴う CO2 排出量 ※2	31.6	kg-CO2/台

※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 5-4)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。

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 5-6 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 5-7 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 5-8 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 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。

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 …… 表 5-6 を用いる。

表 5-9 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 5-10 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 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

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 5-11 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

※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)

表 5-12※4 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	20 W

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 …… 表 5-5 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・使用途中での交換分)
--

表 5-13 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 ※7	14.5	kg-CO2/台

※7 電池の輸送に伴う CO2 排出量の本実証値(表 5-4)を適用

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・・・表 5-6 を用いる。

表 5-14 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 5-15 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 ※8	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) ※9	50.3	kg-CO2
電池の検査に伴う電力(1 検査分) ※10	2.0	kWh

※8 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)

※9 リコー社内 LCA データを参照して算出

※10 検査装置の定格電力、電池容量、測定条件から算出した。

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 5-16 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 ※11	0.512	kg-CO2/kWh

※11 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)

算出条件・・・表 5-12 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 5-17 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 ※12	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 ※13	20.0	km/l

※12 「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)

※13 ハイブリッド車の実燃費データから設定(<https://e-nenpi.com/enenpi/>)

表 5-18 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 5-19 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 ※14	14.5	kg-CO2/台
電池の廃棄に伴う CO2 排出量 ※15	31.6	kg-CO2/台

※14 電池の輸送に伴う CO2 排出量の本実証値を適用

※15 「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。

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 5-20 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 148.5 kg-CO2 の排出量削減効果が見込まれる。

表 5-20 定置型充電アシスト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	61.6
	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 蓄電池システム利用時の CO2 排出量	71.0
	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	332.7
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	26.6
	② 蓄電システム製造と輸送に伴う CO2 排出量	29.3
	③ 蓄電池システム利用時の CO2 排出量	71.0
	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	184.2
CO2 排出削減量		148.5

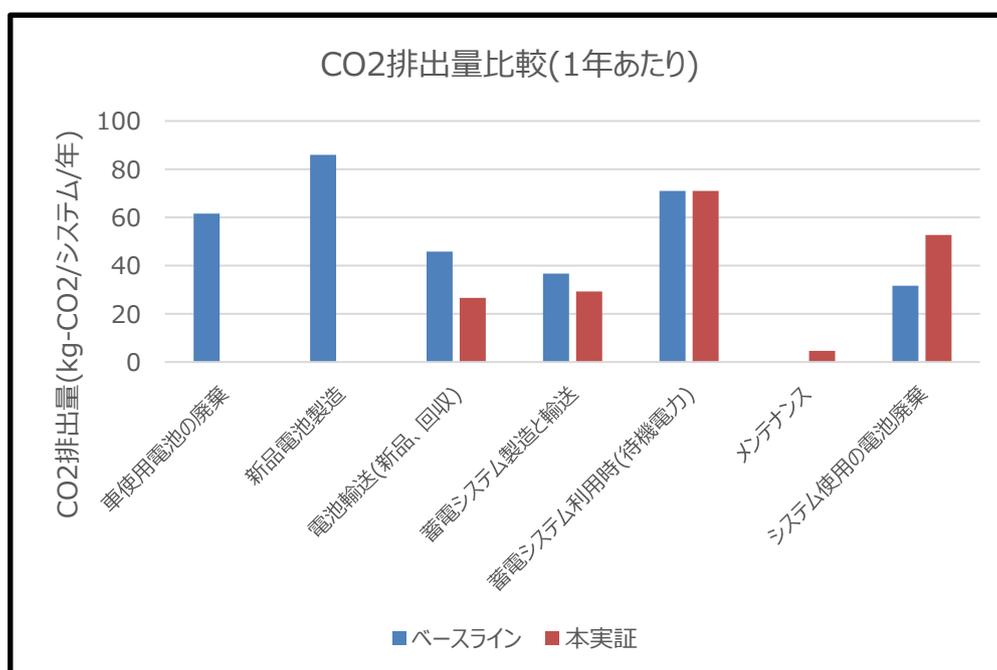


図 5-7 CO2 排出量比較グラフ(1 システム分/1 年あたりの排出量)

図 5-7 に示す CO2 排出量を項目毎で比較したところ、新品電池製造、次いでシステム待機電力の排出量が多い。これは今後の課題として待機電力を削減する技術検討が必要になる。また、CO2 排出量削減効果が得られる項目としては電池の廃棄に伴う CO2 排出量である。これは、本実証の電池の再利用年数を長くすることにより CO2 排出量を低減できるので、今後の技術課題として電池の再利用年数を長くすることを実施していく。

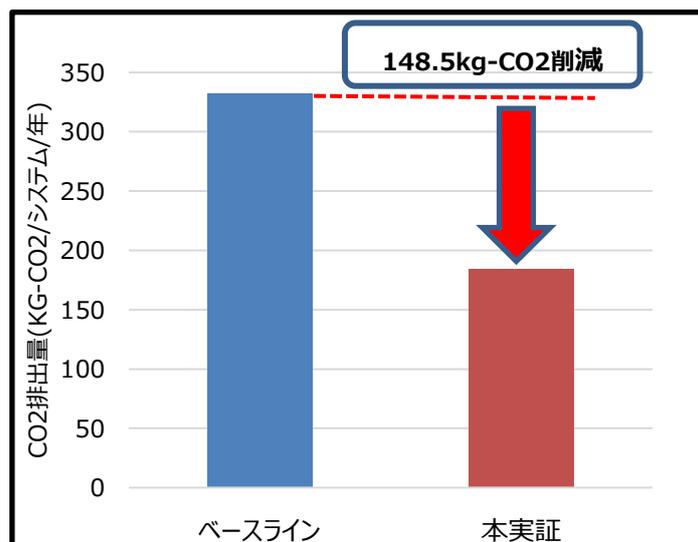


図 5-8 電池再利用 6 年時の CO2 排出量比較(1 年あたり)

また、電池の再利用年数毎の排出量を算出した結果を、図 5-9 に示す。図 5-9 の結果から再生電池を 3 年以上利用すると新品電池利用のシステムの CO2 排出量を下回ることが明らかになった。CO2 排出量を削減するためには、今後、電池再利用年数をさらに延ばしていく技術検討が必要となる。

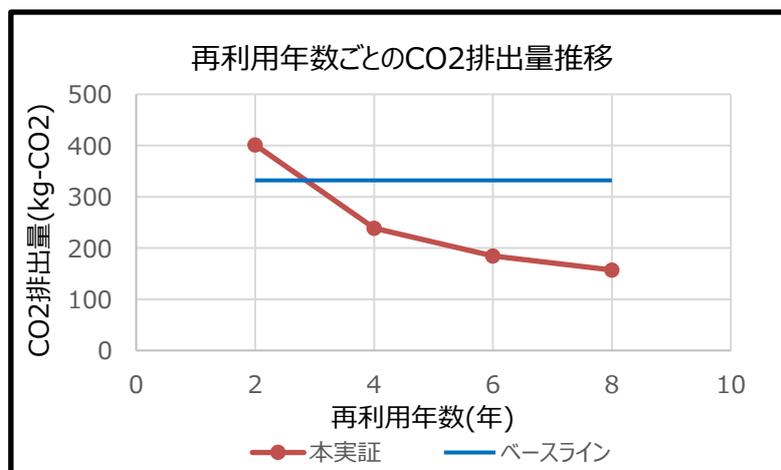


図 5-9 CO2 排出量の推移(1 システム分の電池再利用年数ごと)

### 第3章 LCA 評価、CO2 削減量試算まとめ

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、既存の回収網の利用や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 15.6 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された。

また、循環利用による 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 148.4 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された。

## 第6編 事業実現可能性検証

## 第1章 経済的実現性

回収物流実証により、複写機との混載輸送を行うことにより、効率的な輸送が可能になることを検証でき、かつ、輸送コストの低減に繋がることを検証できた。消防法の指定数量 1/5 未満において、混載便とする 10 トントラックで最も積載効率が高い台数は 96 台であることが分かった。そのときの運賃単価は、遠距離輸送(九州～御殿場)、近距離運賃(東京～御殿場)ともに、混載なしの直送チャーター便と比較し、運賃単価が低く、効率的であることが分かった。ただし、今回の実証では集約拠点である九州グリーンセンターから、回収 LiB を検査・分解・リマニュファクチャリングを行う御殿場リユースリサイクルセンターまでの輸送実験と、東京グリーンセンターから御殿場リユースリサイクルセンターまでの輸送シミュレーションの結果からの効率性検証である。今後は、1 次回収・2 次回収でも定期便の空きスペースを利用した混載輸送や、保管費、荷役作業費など輸送費以外の経費を考慮した、試算と実証が必要である。

また、今回実証した、回収した使用済み電池をリマニュファクチャリングするリユース蓄電池付き EV 急速充電器については、顧客である EV 充電器設置者のユーザーベネフィットを従来の急速充電器に比べて有していることが実証できた。具体的には、一般車用途の設置ケースにおいて、充電器本体コスト、変電設備、設置工事費のイニシャルコストと、保守費、電気料金といったランニングコストの両面で評価した結果から、次世代 EV 急速充電器規格である CHAdeMO1.2<sup>®</sup>仕様の蓄電機能なしの EV 急速充電器と、本実証であるリユース蓄電池付 EV 急速充電器では、年間 392 万円のコスト削減効果が見込めることが分かり、経済合理性を実証できた。更に、商用車用途の設置ケースにおいて、車両価格・燃料費・維持費を含めたトータルコスト比較において、車両台数と年間走行距離が大きいケースにおいては、「ガソリン車」より、「EV+リユース蓄電池付 EV 急速充電器」の方がトータルコストで合理性が成り立つことが分かった。

以上より、EV 充電器設置者を顧客ターゲットとした場合、一般車用途と商用車用途において、イニシャルコストとランニングコストを含めたコスト面から費用削減効果が見込まれることが分かり、経済的実現性があることが実証できた。

## 第2章 技術的実現性

車載 LiB パック制御技術検証において、LiB パック単体を自動車から降ろした状態でバッテリー ECU を活用して充放電制御するためには、自動車搭載時と同様の検知動作を行うダミー信号等による上位制御が必要となる。この上位制御を実現するには、車載のメイン ECU 同等の制御機器に加え、CAN 通信制御プログラム等多くの開発課題があり、商品コスト上昇が懸念される。そのため、バッテリー ECU が保有する異常判断機能を生かしたセンサとして利用するシステム思想とすることで、車から降ろした状態の LiB パックを単独で充放電制御することが可能となり、技術的な実現可能性の一要素を実証できた。

また、使用済み LiB の特性評価を行うことにより、電池パックの性能やパック内セルのバラツキを把握して、検査や運用における使用限界の判断適用可能性のある特性値として、以下が明ら

かになった。

- ・LiB パックを充放電して、容量や内部抵抗を測定、把握した
- ・LiB パック内のセル単位の容量および内部抵抗を測定しバラツキを把握した
- ・車両搭載時の走行距離に対する内部抵抗に、増加傾向があると分かった

上記の特性評価結果と蓄電機能付き EV 急速充電器の要求機能特性から、回収 LiB のリユース基準案を策定できた。リユース基準案は内部抵抗値を 650 mΩ 以下、容量(放電電力量)を 650 Wh 以上とした。本実証で評価検証した使用済み LiB は、いずれも基準案の範囲にあることを確認するとともに、容量や内部抵抗に再使用に影響するレベルのバラツキがなく、かつ特定セルの劣化は確認されず、使用済み LiB を再使用することの技術的可能性が実証できた。

更に、今回の実証で試作した、使用済み LiB を用いた蓄電機能付 EV 急速充電器のテストシステムにおいて、EV への充電時に使用済み LiB からのアシスト機能として充電時出力の一部を補うことが確認できた。また、EV への充電中に、使用済み LiB への補充電動作を確認することができた。

上記のテストシステム実動作を実証できたことにより、当初想定していた使用済み LiB の定置用システムとしてのリマニュファクチャリング技術の実現性を確認できた。

### 第3章 環境負荷低減効果

循環回収物流利用による CO2 排出削減では、既存の回収網の利用や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 15.6 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された。

また、循環利用による CO2 排出量削減については、電池再利用 6 年の場合、リユース蓄電池付 EV 急速充電器の 1 システム 1 年あたり 148.5 kg-CO2 の排出量削減になることが算出された

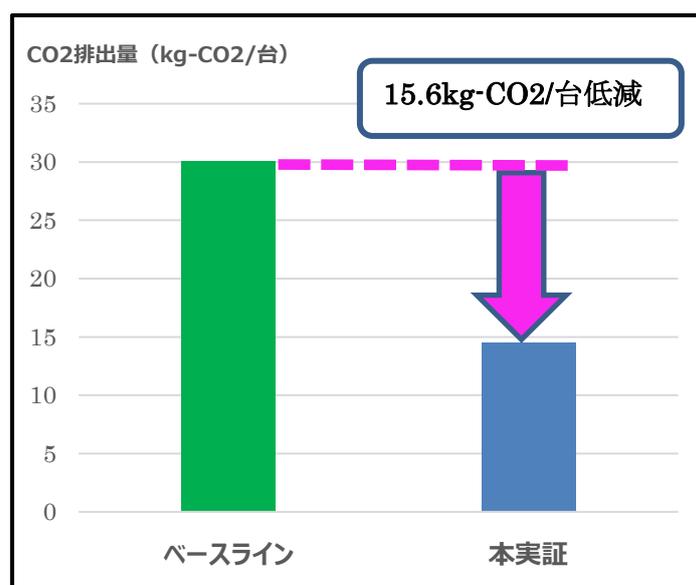


図 6-1 CO2 排出削減量効果 (電池輸送 1 台あたり)

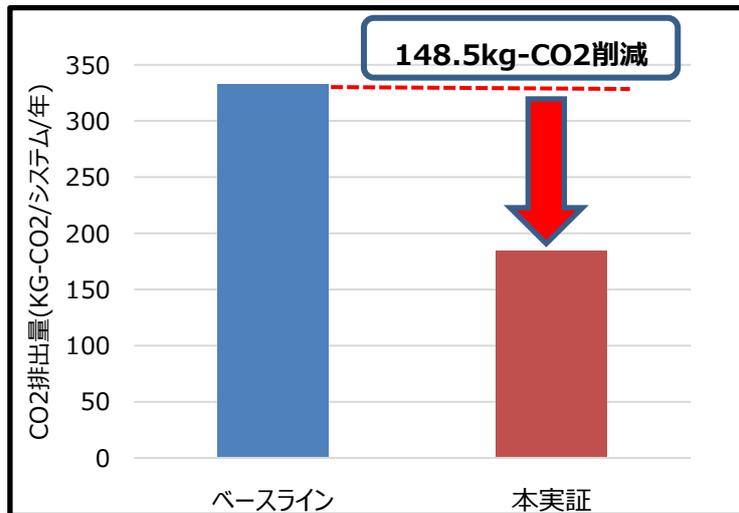


図 6-2 電池再利用 6 年時の CO2 排出量比較(1 年あたり)

電池の再利用年数を変化させ試算したところ、新品電池で作成した蓄電システムの CO2 排出量よりも CO2 排出量を減少させるには、約 3 年以上の再利用が必要ながわかった。今回検討した電池の再利用年数 6 年では CO2 排出量の削減効果が 45 %となるが、再利用年数 8 年では削減効果が 53 %となる。さらなる削減効果を求めるには電池をより一層長く使用するための技術検討が必要となる。

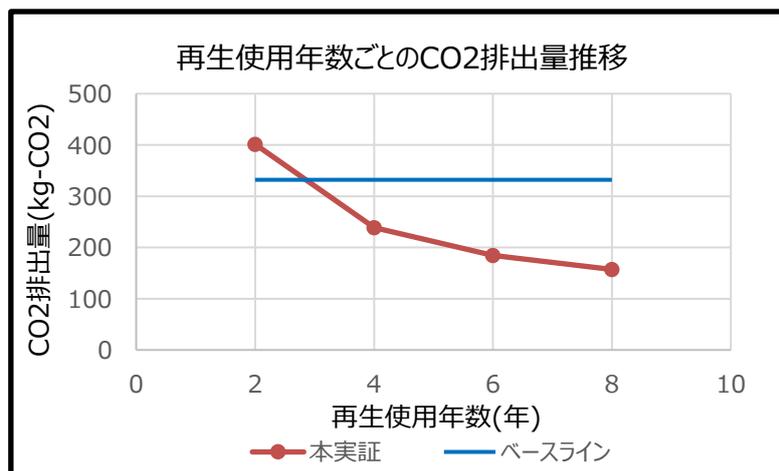


図 6-3 電池再利用年数ごとの CO2 排出量の推移

## 第7編 今後の見通し

## 第1章 今後の課題

### (1) ビジネスモデル

事業実現に向けて、顧客である EV 急速充電器設置事業者のニーズ深堀と、EV ユーザーへのリユース蓄電池付き EV 急速充電器のメリットを広く認知させることが必要である。さらに普及に向けた国の支援や規制も必要になる。

また、事業実現後には、EV 急速充電器として再生活用した LiB は再使用開始の 6 年後には再生使用済み電池の回収が必要になる。更なる再生用途があるかのビジネスモデル検討も必要になるが、最終的には LiB のリサイクルもしくは最終処分が必要になる。再生で活用された後のリサイクルモデルの構築も今後の課題となる。

### (2) 回収物流

今回の実証においては、複写機回収との混載輸送実験の一事例を実証できたので、複写機以外のサプライ部品等の部品回収との混載輸送や、距離や地域など輸送条件をパラメータとした輸送実証により、効率的かつ安全な輸送実証を行うことが今後の課題である。

### (3) 使用済み LiB 活用技術

回収された使用済み LiB パックを短時間で選別する検査技術の開発と、リユース蓄電池付き EV 急速充電器として、使用済み LiB を 6 年以上の長期使用可能とすることが課題である。また、今回実証した LiB パック状態での再使用は蓄電部サイズに課題があるので、LiB モジュールと再使用する周辺部品を取り出して、蓄電システムを構成するための分解技術が必要となる。LiB モジュールと必要周辺部品のみで、安全に動作し、EV 急速充電器へのアシスト動作を行うことが今後の課題である。

## 第2章 今後の事業計画

今後の事業計画は、次ステップで実使用時のアシスト動作実証や EV 急速充電器設置事業者としての顧客ニーズ深堀と EV ユーザーメリットの実証を公共施設等に設置したフィールド機の実証で事業成立性の検証を行う。

事業成立性の検証確認後は実商品の設計ステージへ進み、最終機能確認や各種許認可取得を行い、量産工程設計開発を実施し、実際に販売を行う事業化ステージへと移行する計画である。