

平成 29 年度環境省委託事業

平成 29 年度低炭素製品普及に向けた3R体制構築支援事業

リユース EV 蓄電池 (LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV)  
を活用した低炭素電力システムの構築実証事業

## 報告書

平成 30 年 2 月 28 日

株式会社啓愛社





平成 29 年度低炭素製品普及に向けた 3R 体制支援事業  
リユース EV 蓄電池 (LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV) を活用した低炭素電力  
システムの構築実証事業 報告書

## 目次

要 約.....	1
第 1 章 実証事業の背景と目的.....	11
1.1 背景と目的.....	12
1.1.1 国際的な流れ.....	12
1.1.2 日本の電力市場.....	13
1.1.3 太陽光発電 (PV) システムの国内動向.....	15
1.1.4 EV 蓄電池 (LiB) の国内動向.....	16
1.1.5 リユース EV 蓄電池 (LiB) 及びリユース PV の活用.....	17
第 2 章 実証事業の概要.....	18
2.1 本実証事業の概要.....	19
2.1.1 低炭素電力システム.....	19
2.1.2 本実証事業における検証項目.....	19
2.2 本実証における実証期間、設置場所、及び設置設備.....	20
2.3 本実証事業の実施工程及び実施体制.....	26
第 3 章 LiB に関する手法の検証.....	28
3.1 本検証における試験車両と工程.....	29
3.1.1 試験車両.....	29
3.1.2 本検証の作業工程.....	31
3.2 リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立.....	32
3.2.1 作業工程.....	32
3.2.2 工程 1 LiB 再利用診断工程.....	33
3.2.3 工程 3 LiB パック取出し工程.....	34
3.2.4 工程 4 LiB モジュールの容量測定.....	35
3.2.5 選別分類作業に要する所要時間とコスト.....	38
3.2.6 検証結果.....	38
3.3 リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化手法の確立.....	39
3.3.1 作業工程.....	39

3.3.2 工程 5 充放電部品の取出し.....	39
3.4 リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立 .....	41
3.4.1 作業工程 .....	41
3.4.2 工程 6 グレーディング .....	42
3.4.3 工程 7 リビルト .....	42
3.4.4 検証結果 .....	43
3.5 LiB モジュールの容量測定結果 .....	44
3.5.1 評価試験結果：1号車 (初期型、走行距離：92,337 km) .....	44
3.5.2 評価試験結果：2号車 (中期型、走行距離：2,457 km) .....	47
3.5.3 評価試験結果：3号車 (中期型、走行距離：1,583 km) .....	50
3.5.4 充放電試験装置と車両故障診断装置 CONSULT との関係 .....	52
3.6 リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡便な診断手順の提案 .....	54
3.6.1 提案 1 CONSULT 活用による診断手順.....	55
3.6.2 提案 2 専用評価装置による診断手順 .....	56
3.6.3 提案 3 専用評価装置による診断手順 .....	58
3.6.4 グレーディング作業にまつわる安全性.....	60
第 4 章 PV に関する手法の検証 .....	61
4.1 本検証の検査対象 PV モジュールと作業工程 .....	62
4.1.1 検査対象 PV モジュール.....	62
4.1.2 本検証の作業工程.....	63
4.2 リユース太陽電池モジュール (PV) の簡易な選別分類手法 .....	64
4.2.1 作業工程 .....	64
4.2.2 工程 1 外観検査.....	65
4.2.3 工程 2 断線検査 .....	66
4.2.4 工程 3 IV カーブ特性測定検査.....	67
4.3 リユース太陽電池モジュール (PV) のシステム化の確立.....	73
4.3.1 作業工程 .....	73
4.3.2 工程 4 スtringスの形成.....	73
4.4 リユース太陽電池モジュール (PV) のリカバリー手法の確立 .....	75
4.4.1 PV モジュールのリカバリー .....	75
4.4.2 作業工程 .....	78
4.4.3 PID 試験の実施 .....	78

第5章 経済的合理性の検証.....	83
5.1 構築した低炭素電力システムの経済的効果.....	84
5.1.1 デマンドと供給能力.....	84
5.1.2 低炭素電力システム構築コスト.....	85
5.1.3 低炭素電力システムの経済的効果.....	86
第6章 環境負荷低減効果の検証.....	87
6.1 環境改善効果及びCO <sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価範囲.....	88
6.1.1 システム構成.....	88
6.1.2 バウンダリー及びベースライン.....	88
6.2 本実証事業におけるCO <sub>2</sub> 排出量の削減効果の見込み.....	90
6.3 本実証事業における循環型社会への貢献の見込み.....	91
6.3.1 資源投入量および廃棄物発生量の削減効果.....	91
6.3.2 低炭素電力システムにおける資源循環率.....	94
第7章 事業実現可能性等の検証.....	95
7.1 市場調査.....	96
7.1.1 背景及び販売ターゲット.....	96
7.1.2 ヒアリング調査.....	98
7.2 低炭素電力システムの今後の検討すべき方向性.....	101
7.3 今後の展開.....	102
7.3.1 2030年に向けた普及計画.....	102
7.3.2 今後の課題.....	106
第8章 まとめ.....	108
8.1 本実証事業の成果.....	109
8.1.1 手法の検証_リユース品使用における品質の確保.....	109
8.1.2 経済的合理性の検証.....	112
8.1.3 環境負荷低減効果の検証.....	113
8.2 事業実現の可能性等の検証.....	115
8.2.1 普及モデルの確定.....	115
8.2.2 普及計画.....	115
8.2.3 今後の課題.....	116

## 用語・略称の定義・解説

- **EV (Electric Vehicle)**

リチウムイオン電池等の新型電池を車載し電池モーターを動力源とする自動車を目指す。

- **FIT (固定価格買取制度 : Feed-in Tariff Program)**

太陽光や風力などの再生可能エネルギーの普及を図るため、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電気を一定期間、固定価格で買い取ることを義務づけた制度。略称を FIT といい、日本では 2012 年 7 月に始まった。

- **CHAdeMO (チャデモ)**

EV 等の急速充電方法の商標名である。400kW までの直流 (DC) を用いる急速充電方法で、コネクターの規格や充電方法、通信方法を CHAdeMO 協議会で統一している。

- **CONSULT 診断**

日産自動車が提供している高性能化するクルマのハイテク診断装置のこと。この車輛故障診断装置を使うことで、LiB パックの特性や不具合を素早く的確に測定し、見つけ出すことが可能となる。

- **IV カーブ**

太陽電池が実際に作動している状態での電流 I と電圧 V の特性をグラフ化したもの。このカーブの特性を計測し発電能力を把握するとともに、複数ストリングのカーブと相対比較する事により、異常ストリングの判定も行える。

- **LiB (Lithium-ion Battery)**

正極と負極の間をリチウムイオンが移動することで充電や放電を行う二次電池。出力・エネルギー密度が高く、繰り返しの充放電でも性能の低下が少ないため、EV へ採用されている。

- **LiB パック / LiB モジュール / LiB セル**

LiB の構成単位であり、

[セル] LiB の最小単位

[モジュール] セルをいくつか集め、まとまりのある機能を持った部品にしたもの

[パック] 蓄電池としてのまとめたもの、日産リーフの場合は 48 モジュール (=192 セルの集合体) で構成されている。

- **PDM (Power Delivery Module)**

自動車において、交流電流を高電圧バッテリーへ充電するための充電器、高電圧を低電圧へ変換する DC/DC コンバーター、高電圧を分配し、異常時には遮断するブレーカーの役割をもつジャンクションボックスが一体化したもの。

- **PID (Potential Induced Degradation)**

PV モジュール内における漏れ電流の発生や Na<sup>+</sup> イオンの移動等の要因によりモジュールそのものの発電性能が低下することを言う。更に、一般には、長期暴露に伴う「環境要因による性能低下」とは明確に区別し、高電圧によって誘起される「電圧誘起による低下」の総称であるとされている。

なお、2013 年以降に生産された PV モジュールには PID 対策が施されている。

- **PV モジュール / セル / ストリングス**

太陽電池 (PV) の構成単位

[セル] PV の最小単位

[モジュール] セルを配列してある程度の電力が得られる単位にまとめたもの

[ストリングス] 複数の PV モジュールを直列に配線して、まとめた電力が得られるよう互いに接続したもの。

- ・ **RE100 (Renewable Energy 100%)**

国際環境 NGO の「The Climate Group」が、2014 年に開始した共同イニシアチブ。RE100 とは、再生可能エネルギー100%の略称であり、現在、欧米を中心に約 90 の企業が参加し、企業の消費電力をすべて再生可能エネルギーに転換することを目的としている。

- ・ **SDGs (持続可能な開発目標 : Sustainable Development Goals)**

SDGs は 2015 年 9 月の国連サミットで採択され、国連加盟 193 か国が 2016 年～2030 年の 15 年間で達成するために掲げた目標。17 の大きな目標と、それらを達成するための具体的な 169 のターゲットで構成されている。

- ・ **STC (基準状態 : Standard Test Condition)**

太陽電池モジュールの定格出力は日射量  $1,000 \text{ W/m}^2$ 、温度  $25^\circ\text{C}$  で計測している。測定時の日射量と温度を基準値に比較して測定値を変換することを「STC 変換」といい、結果として、測定時の環境状態に左右されることなく PV モジュールの発電性能を測定することを可能にしている。

- ・ **VCM (Vehicle Control Module)**

EV において VCM はドライバーのアクセル踏み量を常にモニターし、モーター駆動と回生の制御をコントロールしている。ガソリン車の ECM に相当する。

- ・ **V2H (Vehicle to Home)**

EV の大容量バッテリーから電力を取り出し、家庭の電力として使用できる仕組み。本実証事業では、ニチコン社製品である EV パワー・ステーションを指す。

- ・ **エネルギー・ペイバック・タイム**

製品のライフサイクルにおいて投入されるエネルギーを生産されたエネルギーで回収するために要する期間を意味し、ライフサイクルにおけるエネルギー投入量を年間発電量で除算することにより算出できる。エネルギー採算性の確保のためには、エネルギー・ペイバック・タイムが使用年数（或いは耐用年数）より短いことが不可欠で、エネルギー・ペイバック・タイムが短いほど高性能である。

- ・ **グレーディング**

EV の LiB パック内のモジュール個々がどの程度の性能低下しているのかを確認するために、モジュール単位まで分解をしてそれぞれ個別の性能状態の測定と評価を行うこと。グレーディング基準は電極の放電性能を示す放電容量 (Ah) と放電反応抵抗の増加による放電電圧 (V) の双方を加味した放電電力量 (Wh) を指標としてグレード分けする。

- ・ **ソケットパリティ**

再生可能エネルギーによる発電コストが既存の電力のコスト（電力料金、発電コスト等）と同等かそれより安価になる点（コスト）を指す。グリッドパリティとも呼ばれる。

- ・ **低炭素電力システム**

本実証事業で構築したリユース EV 蓄電池 (LiB) とリユース太陽電池モジュール (PV) を活用した自家発電・蓄電システムの名称。

- ・ **リビルト**

- LiB モジュールの交換による LiB パックの再構成**

蓄電池として有効に稼働させるには各 LiB モジュール間の性能が揃っている必要がある。性能が著しく低下したモジュールがあればそれ以外のモジュールと同等の性能のモジュールに交換組み替えるなど、履歴の異なる 2 台のモジュールを意図的に組み替えて LiB パックの容量を再構築することを指す。

# 要 約

## 1. 背景と目的

2030年の温室効果ガス排出削減目標の達成に向けて、ガソリン車やディーゼル車に替わる次世代自動車の1つであるEVが世界的に普及しつつある。しかし、EVは発売から5年以上経過しており、廃車や交換等で生じる使用済みLiBの数が今後増加することが予想されている。また、PVモジュールもFIT終了後の2030年頃には大量排出が予想されていると同時に自然災害による災害廃棄パネルが近年増大しつつあるが、その中にはリユース可能なPVモジュールが含まれている。

本実証事業では、発電を行わせるPVモジュールにリユース品を用い、また発電した電力を蓄えるLiBにはEV用に使用されたリユースLiBを定置利用した発電・蓄電システムである低炭素電力システムを構築した。

このようなシステムは、従来の社会システムに無かったものであり、経済的合理性や品質面での課題が残されていることから今回の実証事業においては、以下に記すような経済的合理性とリユース品使用における品質の確保の2点について検証した。

検証事項	具体的な検証項目	
経済的な合理性	設備投資及び使用電気料金の低減効果の検証	
リユース品使用における品質の確保	LiB	・ 同一仕様品を大量に確保できないため、多種多様な仕様品を利用する技術の確立 ・ リユース品の簡易な選別分類手法の確立
	PVモジュール	・ 同一仕様品を大量に確保できないため、多種多様な仕様品を利用する技術の確立 ・ リユース品の簡易な選別分類手法の確立

## 2. 実施概要

実証期間：平成29年6月～30年2月

実施体制：

- ・ 株式会社啓愛社
- ・ ガラス再資源化協議会
- ・ 株式会社動力
- ・ 株式会社浜田
- ・ 栃木日産自動車販売株式会社
- ・ ニチコン株式会社
- ・ 東京大学
- ・ エコスタッフ・ジャパン株式会社

実証場所：株式会社啓愛社 栃木リサイクルセンター 栃木県河内郡上三川町大字石田 2309-2

設置設備：

- ・ 太陽光発電 49.71 kW（三相用 21.96 kW + 単相 27.75 kW）
- ・ 蓄電池 71.82 kWh（V2H 33.6 kWh + 蓄電池 38.22 kWh）

### 3. 実施内容と成果

#### 3.1 リユース品使用における品質の確保

##### ■ リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立

廃車となった日産自動車リーフ3台を試験車両として用い、LiBの簡易な選別分類手法を確立するため、車両用故障診断装置を用いる手法と充放電試験装置を用いる方法で比較・検証を行った。検証の結果、リユース EV 蓄電池 (LiB) の容量を把握する手法は、車両用故障診断装置と充放電試験装置から得られた測定結果が誤差 7% (有意差無し) であったこと、EV 及び LiB を分解せずに把握できることから、車両用故障診断装置の利用が有効であることが確認された。

##### ■ リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化手法の確立

簡易な選別分類工程で残容量 70%以上と判定された LiB パックを用いて低炭素電力システムを構築するために、EV から充放電部品のみを取出す作業工程の検証を行った。検証に際しては車載している充放電関連部品を流用することで安価かつ安全性を確保した。

なお、検証を通じてリーフの初期型と中期型との間では、システム構成が異なり車載の充放電部品と LiB との間に互換性が無いことが判った。

##### ■ リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立

EV で使用されていた LiB パックを定置活用 (リユース) するうえで、蓄電容量の低下が激しい LiB パックの回復手法の検証を行った。

検証の結果、各 LiB モジュールの容量を専用の充放電試験装置で測定し、各モジュール間のセル電圧のバラツキが非常に少なく、全モジュールが均等に容量低下していることが判った。上記試験の結果より、蓄電池容量が低下した LiB パックの一部のモジュールを交換しただけでは容量は回復しないため、パックそのものの交換が合理的であることが判った。また、日産リーフの LiB パックの容量評価を通して得られた知見から、グレーディングを行う際の診断法として 3 方法を検討した。

##### ■ リユース太陽電池モジュール (PV) の簡易な選別分類手法の確立

PV モジュールのリユース可否の判断は STC 時の発電量を指標として選別する。高価なソーラーシミュレーターを用いず、市販されている IV チェッカーの有効性の検証を行った。

検証に際しては、入手した 251 枚に対し実施し、STC 発電量を PV パネルの定格値に対するシミュレーション値の割合でランク分けし、上位 4 ランク (50%以上) の 202 枚 (リユース率 80.5%) をシステム用に適用した。

検証の結果、リユース可否の判断を簡単な治具に太陽光パネルを固定し現場で簡便に評価できること、不良パネルが予め選別できるため輸送するムダが削減できることから、IV チェッカーを利用することが有効であることが確認された。今回の検証では曇りの日が多かったため、判別精度については今後の確認する課題が残されている。

### ■ リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム手法の確立

PV モジュールの簡便な選別・分類工程でランク分けされた PV モジュール 202 枚に対し一定の手順でストリングス形成を行った。なお、IV カーブ特定測定で C,D ランクと評価された PV モジュール 35 枚をあえて No8,9 のストリングスに集め本実証試験を行った。

検証の結果、設置上のスペース効率率は約 60%と低下するが、設置スペースに余裕があり安価に設置できるならば、C、D ランク品を導入することを推奨する。

### ■ リユース太陽電池モジュール（PV）のリカバリー手法の確立

PV モジュールの発電性能の低下の原因の一つに PV モジュールとフレーム間のリーク電流により生じる PID 現象がある。この発電性能低下品用に開発された PID リカバリー機器の有効性を検証した。

検証にあたっては、選別分類工程でランキング分けされたものの中から PID 対策が施されていない製造年が 2013 年以前のパネルで且つ発電性の低下が著しい C ランクと D ランクの 12 枚を対象とし約 81 日（夜間）処理を行った。

検証の結果、12PV パネルのうち 10 PV パネルで出力が平均 21%向上し、総発電力（W）で 6%増、リユース率（廃棄物削減）は 4%増が見込めることが判った。

## 3.2 経済的合理性

### （構築した低炭素電力システムの経済的効果）

本実証事業における低炭素電力システムの稼働期間が短かったことから、電力削減効果に関しては、太陽光の入射量が年平均の 73%程度である 1 月のデータを用いて試算した。

年間約 69 万円（工場内電力使用量の 24%）の削減であるが、更に削減を進めていくためには以下 3 点の方策が必要と考えられる。

- 1) 蓄電池（LiB）側の充放電モード設定の最適化
- 2) AC⇔DC 変換、パワーコントローラーの消費電力等による充放電ロスの低減化
- 3) 蓄電池（LiB）用の三相パワーコントローラーの設置

区分	電気代	備考
低炭素電力システム設置前	2,908.3 千円/年	***
低炭素電力システム設置後	2,210.3 千円/年	***
電気料金削減効果（試算） ※工場全体の 24%	698.0 千円/年	・ ピークカット効果 218.0 千円/年 ・ PV 発電による電力削減効果 600.0 千円/年 ・ 充放電ロス -120.0 千円/年

### 3.3 環境負荷低減効果の検証

環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価・同定において、バウンダリー及びベースラインを設定し比較を行った。

#### • ベースライン

- ① LiB、PV モジュールが個別に使用され、そのライフサイクル終了後に廃棄・リサイクルされているケース
- ② 新品を活用し「PV 発電+LiB 蓄電」を行っているケース

#### • 低炭素電力システム

リユース LiB、リユース PV モジュールを活用

低炭素電力システム 1Unit を 10 年間稼働させた際の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果は 26.4t-CO<sub>2</sub>/10 年、資源投入量は 5.3 t/10 年、廃棄物発生量は 4.9 t/10 年の削減に繋がることが判った。

## 4. 今後の課題

### 4.1 普及モデルの確定

低炭素電力システムを普及させていくためのターゲットユーザーとして、リユース品の利用を受入に寛容であること、競合が少ないこと、かつ規模がある郊外店舗やファミリーレストラン、コンビニエンスストア、建設現場の仮設事務所、工場などの中小規模事業者とし、市場調査を行い、導入要件をもとに普及モデルを確定した。

区分	仕様	価格	備考
業務用	単相 LiB 35 kWh PV 20 kW	230 万円/Unit	LiB 6.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW
産業用	三相 LiB 84 kWh PV 100 kW	940 万円/Umit	LiB 10.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW

### 4.2 普及計画

#### (2030 年に向けた低炭素電力システムの普及計画)

現時点では廃 EV 由来の LiB パックの発生が 454 個/年と少なく、事業として成立しないが次世代車の廃棄が今後増加することは明らかである。

そこで自動車工業会資料から廃次世代車の将来的な発生台数を算出し、2030 年に向けたリユース LiB 及びリユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムの普及計画を試算した。

年度	廃次世代車 ×EV/PHV率	低炭素電力システム事業規模		
		普及数	事業規模	
2020年	1万台	<input type="checkbox"/> 低炭素電力システムの試験導入 <input type="checkbox"/> 廃LiBの回収・調達体制構築 <input checked="" type="checkbox"/> 技術的課題の解決に向けた開発・検証		
2025年	7.5万台	普及	960 Unit	56.1億円
2030年	24.0万台	普及拡大	3,000Unit	175.5億円

### 4.3 今後の課題

2030年に向けた普及計画で設定した目標を達成するための課題と対策を検討した。

今回の実証事業において多くの知見を得ると同時に、事業化における多くの課題が明らかになった。これら課題は独力で克服するのではなく、LiBやPVモジュールの製造・販売事業者、リース会社等の他事業者と連携し克服していくことが最善であると考えます。また、低炭素電力システムがターゲットとする中小規模事業者は、家庭電源市場とメガ発電所市場の隙間で競合の少ないニッチ市場であることから、他事業者と連携して展開していくことは十分可能性があると考えている。

なお、検討において挙げられた課題の中でも重要な事柄を以下に記す。

#### ■ 短期利用（3年間）にマッチしたビジネスモデル

〔課題〕ロードサイド型の店舗や建設現場の仮設事務所においては、設備の償却期間3年間が求められている。それ故、償却期間3年の終了後、他所へ移設可能な設備構成が求められる。

〔対応策〕LiB部分を定置固定型とせず、EVの形で利用することにより、LiBの増設・減設・移設が容易となると同時に、償却期間終了後は他所に移設が可能である。

#### ■ 三相用（産業用）パワーコントローラーコストの削減

〔課題〕現在、三相用パワーコントローラーは商品化・量産化されておらず、受注生産のため機器価格が極めて高い。工場向けの三相仕様として低炭素電力システムを普及させていくためには三相用パワーコントローラーに相当する箇所のコスト削減が必要不可欠である。

〔対応策〕本実証事業において、単相系統から三相系統への給電が見受けられたことから、三相機器への電力を単相用機器で給電する方法が考えられる。

これを実現するうえで想定される技術的課題として、3つの相に均等に給電する仕組み（疑似三相化）の開発が必要と考えられる。

# Summary

## 1. Background and Purpose

EV (Electric Vehicle)—one of the next generation vehicle—that replaces gasoline-powered vehicles and diesel-powered vehicles is spreading globally towards achieving greenhouse gas emission reduction aiming for 2030. However, more than 5 years have passed since EV has been launched, and the number of used LiB (Lithium-ion Battery)—generated from disused motor vehicle, car change and other factors—is expected to increase. In addition, PV modules are predicted to emit a large emissions by around 2030, when FIT (Feed in Tariff Program) is no longer valid, amid the volume of disaster waste panels resulting from natural disasters is growing in recent years, and there are reusable PV modules in those panels.

In this demonstration project, we have used reuse products for PV modules to generate power and established a low-carbon power supply system, which is a generation / accumulation system that reuses LiB for EV use as a stationary battery, for LiB to accumulate the generated power in this demonstration project.

We have verified the following 2 points—economic rationality and assurance of quality in using reuse products—in this demonstration project, as such system is not available in the conventional social system and challenges on economic rationality and quality remain.

Matters for Verification	Specific Items for Verification	
Economic Rationality	Verification of effects on capital investment and electricity bill reduction	
Assurance of Quality in Using Reuse Products	LiB	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Establishment of a technique to use various kinds of specifications, as the same specifications cannot be assured in quantity.</li> <li>· Establishment of simplified sorting method on reuse product</li> </ul>
	PV Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Establishment of a technique to use various kinds of specifications, as the same specifications cannot be assured in quantity.</li> <li>· Establishment of simplified sorting method on reuse product</li> </ul>

## 2. Implementation Outline

Implementation Term: From June 2017 to February 2018

Implementation Structure: KEIAISHA CO., LTD.

- the Glass Recycling Committee of Japan : GRCJ
- DORYOKU Co., Ltd.
- HAMADA CO.,LTD.
- Tochigi Nissan Auto Sales Co.,Ltd.
- Nichicon Corporation
- The University of Tokyo
- Eco Staff Japan Co., Ltd.

Demonstration Location: KEIAISHA Co., Ltd. Tochigi Recycling Plant

2309-2 Oaza Ishida, Kaminokawa-machi, Kawachi-gun, Tochigi

Installed Facility: Photovoltaic Generation 49.71 kW (21.96 kW for three-phase + 27.75 kW for single-phase)

- Storage Battery 71.82 kWh (33.6 kWh for V2H + 38.22 kWh for storage battery)

### 3. Outline and Results

#### 3.1 Quality Assurance in Using Reused Products

##### ■ Establishment of Simplified Sorting Method on Reuse EV Storage Battery (LiB)

To establish simplified sorting methods on LiB, we have used 3 units of disused Nissan Leaf as test vehicles and compared / verified with methods—using fault diagnosis equipment for vehicle and by using charge and discharge testing equipment. According to the verification results, we have confirmed that the measurement results obtained from the fault diagnosis equipment for vehicle and charge and discharge testing equipment were within the error range of 7% (Not Significant) and the use of the fault diagnosis equipment for vehicle was effective, as we could grasp EV and LiB without disassembling them, in respect to the methods to grasp the volume of reuse EV storage battery (LiB).

##### ■ Establishment of Systematized Method on Reuse EV Storage Battery (LiB)

We have verified on the working process that only ejects charged and discharged parts from EV in order to establish a low-carbon power supply system, using LiB packs which remaining volume were judged as 70% or more during the simplified sorting process. Upon verification, we have secured cost effectiveness and safety by diverting onboard parts related to charge and discharge.

We have realized through the verification that there is no compatibility between the onboard charge and discharge parts and LiB among the early type and mid type of Leaf, as their system configuration differ.

##### ■ Establishment of Recovery Method on Reuse EV Storage Battery (LiB)

We have verified recovery methods on LiB packs, which accumulation volume have dropped drastically, upon utilizing (reusing) LiB used for EV as a stationary pack.

According to the verification results, We have measured the volume of each LiB module, using charge and discharge testing equipment for LiB, and have realized that the cell voltage gap between each module is extremely low and that the volume of all modules have evenly reduced. From the test results mentioned above, it was found that exchanging the pack itself is rational, as the volume of some LiB pack modules, whose storage battery volume had decreased, have not recovered by just replacing them. In addition, from the findings obtained through the volume assessment on Nissan Leaf's LiB packs, three methods were examined as a diagnostics method for grading.

##### ■ Establishment of Simplified Sorting Method on Reuse Photovoltaic (PV) Module

The electricity output upon STC (Standard Test Condition) will be selected as an index to judge whether or not a PV module can be reused. We have verified the effectiveness of an IV checker on the market without using an expensive solar simulator.

Upon the verification, we carried out on the 251 modules obtained, ranked STC electricity output in the ratio of simulation value to the rated value of PV panel into groups and 202 pieces (Reuse rate 80.5%) were applied the top 4 ranked groups (50% or higher) for the system.

As a result of the verification, we have confirmed that using the IV checker is effective, as we can assess the judgment of whether to reuse the module or not at the scene in a simple and easy manner by fixing the PV panel on a simple device and we were able to reduce wasteful shipment, as defective PV panels can be sorted in advance. However, since we had many cloudy days during the verification, there are problems that remain regarding on determination accuracy.

##### ■ Establishment of Systematized Method on Reuse Photovoltaic (PV) Module

PV strings were formed on the 202 PV modules and ranked during the simple and easy PV module sorting process, with a constant procedure. We have also expressly assembled the strings of No. 8 and No.9, which consists of 35 PV modules that were judged as grade C and D during the IV characteristic measurement, to conduct the demonstration test.

As a result of the verification, we recommend introducing grade C or D products, if there is enough installment space and can install them inexpensively, although the efficiency of installment space degrades to approximately 60%.

■ **Establishment of Recovery Method on Reuse Photovoltaic (PV) Module**

One of the causes of deterioration of generation performance of the PV module, is the PID (Potential Induced Degradation) phenomenon, which occurs due to leakage current between the PV module and the frame. We have verified the effectiveness of PID recovery equipment that were developed for this products with low power generation performance.

12 PV panels without measures for PID being taken with the production year up to 2013 ranked as grade C and D during the sorting process, which generation performance have degraded drastically, were subjected to the verification and we have treated them for approximately 81 nights.

As a result of the verification, it was found that the output of 10 PV panels among the 12 PV panels have improved by 21% in average and that we can expect 6% increase in the total generation power (W) and 4% increase in the reuse rate (waste reduction).

**3.2 Economic Rationality**

**(Economic Effect on Established Low-carbon Power Supply System)**

As the operation period of the low-carbon power supply system in this demonstration project was short, the power reduction effect was estimated using the January data with the incident amount of solar light being around 73% of the annual average.

Although the annual cost reduction was approximately ¥690 thousand (24% of the electricity volume used in the factory), we consider the following 3 measures should be taken for promoting further cost reduction.

- 1) Optimization of charge and discharge mode setting on storage battery (LiB)
- 2) AC-DC conversion, reduction of charge and discharge loss with power consumption of power controller, etc.
- 3) Installment of three-phase power controller for storage battery (LiB)

Classification	Electricity Expense	Note
Before low-carbon power supply system installment	¥2,908.3 thousand/year	***
After low-carbon power supply system installment	¥2,210.3 thousand/year	***
Effects on electricity expense reduction (estimation) * 24% of the entire factory	¥698.0 thousand/year	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Peak-cut effects: ¥218.0 thousand/year</li> <li>· Effects on electricity reduction with PV power generation: ¥600.0 thousand/year</li> <li>· Charge and discharge loss: -¥120.0 thousand/year</li> </ul>

**3.3 Verification of Effect on Environmental Burden Reduction**

To compare, we have set a boundary and a baseline in assessing / identifying effects on environment improvement and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emission reduction.

• **Baseline**

- ① A case where each LiB and PV module is used individually and is disposed / recycled after its life cycle
- ② A case where “PV power generation + LiB accumulation” is being conducted, utilizing new products

• **Low-carbon Power Supply System**

Utilizes reuse LiB and reuse PV module

We have realized that the effects on the amount of CO<sub>2</sub> emission, resource loading and waste

yield upon operating 1 unit of low-carbon power supply system for 10 years leads to 26.4t-CO<sub>2</sub>, 5.3t and 4.9t reduction respectively per 10-year.

## 4. Challenge for the Future

### 4.1 Settlement of Diffusion Model

As a target user to promote the user of low-carbon power supply systems, it is necessary to be tolerant of accepting the use of reused products, to have less competition and to have large-scaled suburban stores and family restaurants, convenience stores, construction site's field offices and small and medium scale enterprises—including factories—as our target users for diffusing the low-carbon power supply system, and conducted market research and settled diffusion models based on the introduction requirements.

Classification	Specifications		Price	Note
Business	Single Phase	LiB 35 kWh PV 20 kW	¥2.3 Million/Unit	LiB ¥60 thousand/ kWh PV ¥10 thousand/ kW
Industrial	Three Phase	LiB 84 kWh PV 100 kW	¥9.4 Million /Unit	LiB ¥100 thousand/ kWh PV ¥10 thousand/ kW

### 4.2 Diffusion Plan

#### (Diffusion Plan of Low-carbon Power Supply System towards 2030)

Although the generation of LiB packs derived from disused EV is low with it being 454 packs per year for the time being and is not established as a business, it is obvious that the number of the next generation vehicle being disused is to increase in the future.

Therefore, we have calculated the number of the future occurrences of vehicle units being disused to be generated in the future, using documents of the Japan Automobile Manufacturers Association, Inc. (JAMA), and estimated the diffusion plan of the low-carbon power supply system towards 2030, which utilizes reuse LiB and reuse PV modules.

FY	Disused Next Generation Vehicle x EV/PHV Ratio	Low-carbon Power Supply System Business Scale		
		Number of Diffusion		Business Scale
2020	10 thousand units	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Low-carbon power supply system test introduction</li> <li>· Disused LiB recovery / procurement system establishment</li> <li>· Development / verification towards technical challenge development</li> </ul>		
2025	75 thousand units	Diffusion	960 units	¥5.61 billion
2030	240 thousand units	Diffusion expansion	3,000 units	¥17.55 billion

### 4.3 Challenge for the Future

We examined issues and measures for meeting the target we set at the diffusion plan towards 2030.

Many challenges for commercialization have been clarified while having acquired various knowledge in the demonstration project. We consider that the best way to overcome these challenges is to cooperate with LiB and PV module manufactures / distributors, and other entities—including lease companies—not to overcome without help. In addition, the small and medium scale enterprises targeted for the low-carbon power supply system are a niche market with less competitor, being a niche industry between the appliance market and the mega power plant market, so we consider that there are plenty of chances to develop in cooperation with other entities.

Important matters among the challenges cited in giving consideration are listed as follows.

■ **Business Model Matching Short-term Use (3 Years)**

**[Challenges]** The capital depreciation allowance is 3 years for roadside-type stores and construction site's field offices. Thus, equipment composition that enables relocation to other places after the 3-year depreciation allowance is required.

**[Measures]** Adding / reducing / relocating LiB will be easy by using the form of EV instead of stationary fixing the LiB portion, while it can be relocated to other places after the depreciation allowance.

■ **Reduction of Power Controller for Three-phase (Industrial)**

**[Challenges]** Currently, three-phase power controllers are not commercialized/ mass-produced and the equipment price is extremely high, as they are made-to-order manufacturing. Cost reduction on the portion equivalent to the three-phase power controllers is essential, in order to diffuse the low-carbon power supply system as three-phase specifications for factories.

**[Measures]** A method to supply power to three-phase equipment with single-phase equipment was observed, as power supply from single-phase DC to three-phase AC seemed to be available in the demonstration project.

Development of a mechanism pseudo three-phase) is considered to be necessary, in order to supply power equally to each of the three phases, as an assumed technical challenge upon realizing this.

# 第 1 章 実証事業の背景と目的

第 1 章では、パリ協定を始めとする国際的な流れ、また、日本の電力市場や太陽光発電（PV）システム、EV 蓄電池（LiB）の国内動向等の背景に触れると同時に、リユース EV 蓄電池（LiB）及びリユース PV の活用した本実証事業の目的について報告する。

## 1.1 背景と目的

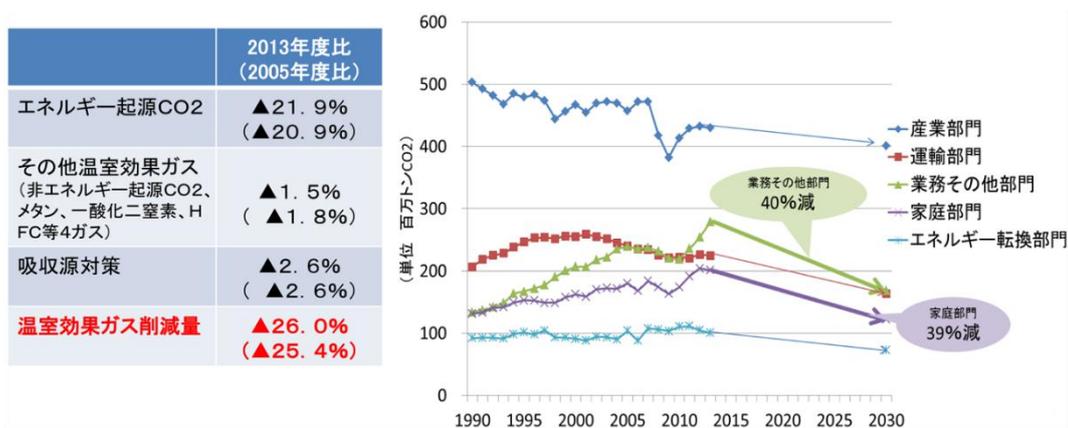
### 1.1.1 国際的な流れ

2016年11月に発行されたパリ協定では、脱炭素社会を目指すには世界の取り組みの動きやその流れはもはや後戻りすることはできないこと、また温室効果ガス排出の削減すべき目標の後退も今後は許されないことを、世界の多くの批准国が確認している。

我が国においても、2015年7月に気候変動枠組条約事務局へ提出された2020年以降の温室効果ガス削減に向けた我が国の約束草案は、エネルギーミックスと統合的なものとなるよう、技術的制約、コスト面の課題などを十分に考慮した裏付けのある対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比▲26.0%（2005年度比▲25.4%）の水準（約10億4,200万t-CO<sub>2</sub>）とされている。

その中でも住宅・非住宅分野では太陽光発電による再生可能エネルギー活用を見込んでいる。

また、2015年9月の国連サミットで採択されたSDGsや、2014年に開始した共同イニシアチブであるRE100など、脱炭素化や再生可能エネルギーに対する社会の関心は高いものがある。



### 1.1.2 日本の電力市場

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故を受けて、日本の電力市場は大きく変化した。それを端的に表すのが図1.1.2である。2010～2015年度の6年間に、実に1,000億kWh近くも需要の大幅な減少があった。直近の2016年度も需要の減少傾向は続いていたと思われる。

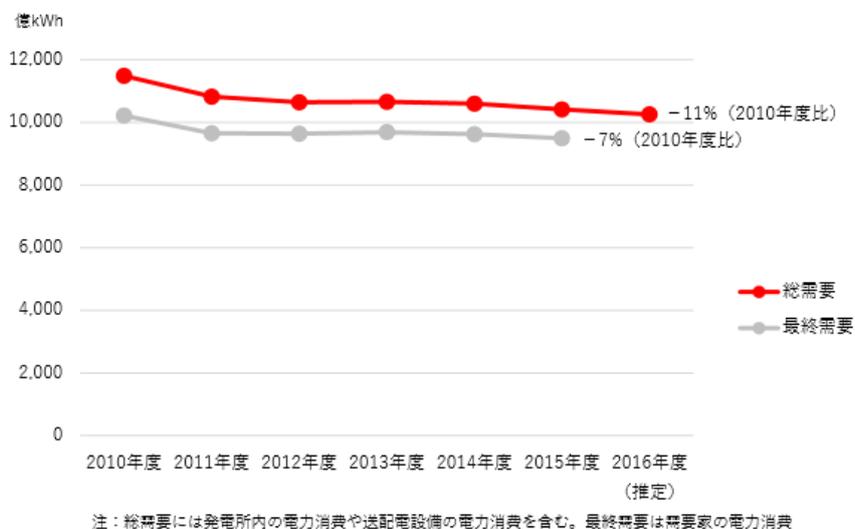


図 1.1.2 日本の電力需要の推移と実績  
出典：IEA, 「Electricity Information 2017」

その一方で、図1-1-3からわかるように再生可能エネルギーによる発電電力量が急速に拡大している。定量的には2016年度は2010年度と比べて410億kWhもの電力が新たに生み出されている。

結果、電力の需要に占める再生可能エネルギーの比率は、2010年度に9%弱だったのが、2016年度には15%まで上昇した。最も多いのは水力7.7%で、太陽光発電が4.7%が続いた。さらにバイオエネルギー発電が1.4%、風力発電が0.9%、地熱発電は0.2%であった。

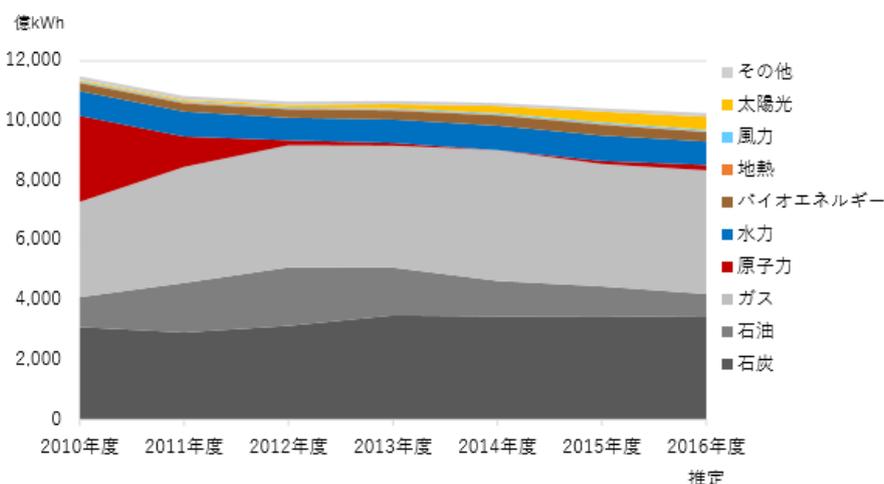


図 1.1.3 日本の発電電力の推移と実績 (電源種別)  
出典：IEA, 「Electricity Information 2017」

また、発電設備の容量で比較するとすでに太陽光が原子力を上回っている。2016 年末の時点で太陽光発電の設備容量は約 4200 万 kW（最大出力ベース）にのぼる。これは原発の約 42 基分に相当する設備容量になる。このペースでいけば 2 年後には石炭火力と水力を追い越して、ガス火力に次ぐ第 2 の規模になると予測される。

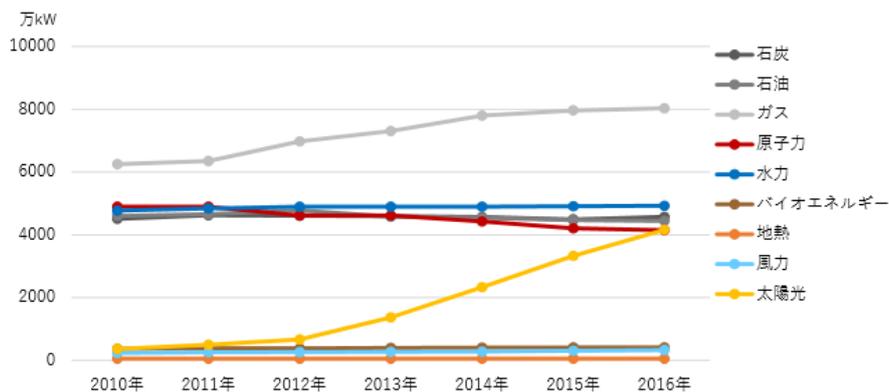


図 1.1.4 日本の電源設備容量の推移と実績（電源種別）

出典：自然エネルギー財団の「電力会社に迫る変革の波」（2017年10月）  
BNEF や日本原子力産業協会などのデータをもとに自然エネルギー財団が作成

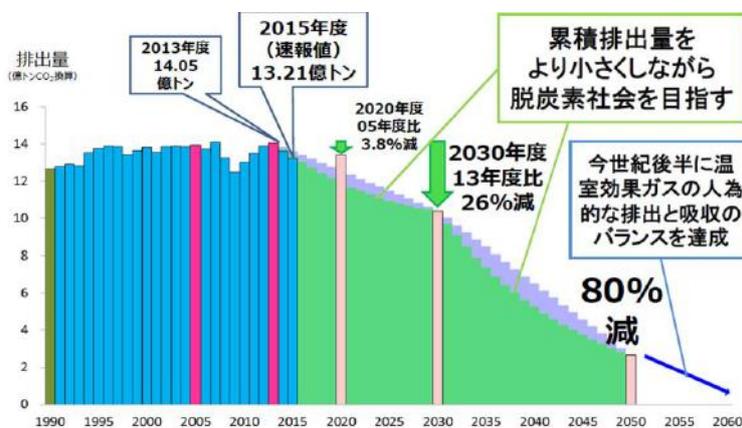


図 1.1.5 2050年80%削減のための日本シナリオ

出典：国際シンポジウム Revision2017 「長期低炭素社会ビジョンについて」  
(環境事務次官小林正明氏 2017.03.08)

国際シンポジウム Revision2017 「長期低炭素社会ビジョンについて」において、環境事務次官小林正明氏は、2050年に温室効果ガス排出の80%削減を目指していくには、特に民生部門や運輸部門等での長期的な削減余地が大きいことを示した。また、同時に消費行動の変革と低炭素な製品への買い替え促進、住宅・建築物のゼロエミッション化、都市・地域構造の変革、更には「自立分散型エネルギーの普及」等により低炭素投資を促すことで、国内で巨大な市場を生み出しながら、長期大幅削減を実現していく、というビジョンを語った。このことが結果として、

デフレ脱却と新しい経済成長、地方創生、国土強靱化等々の経済・社会諸課題の同時解決を可能にしていくと力説している。

ここで、改めて「2050年80%削減の低炭素社会の実現」するための大きな社会変革として施策を纏めると以下の3つとなり、これらを総合的に進めていくことが極めて重要になっていくことは間違いないと考えられる。

- エネルギー消費量の削減
- 使用するエネルギーの低炭素化
- 利用エネルギーの転換

### 1.1.3 太陽光発電（PV）システムの国内動向

経済産業省の定める FIT 制度による固定価格買取期間が終了してしまうと、寿命を迎えた発電所の放置や使用済みの PV モジュールやその他部品等々の不法投棄や廃棄等が懸念されている。また、FIT 制度終了前にも、近年の気象異常現象が主な原因によるものや、O&M を適切に行わないことによる保証以上に発電能力が低下した PV モジュールがある一定以上の量で出回ること懸念されている。

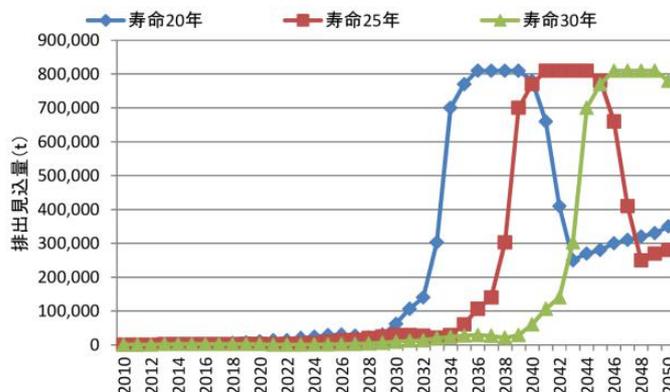


図 1.1.6 太陽電池パネル排出見込量  
(寿命 20、25、30 年の場合) 出典：環境省

このような PV モジュールをある一定のガイドラインに則った上での再活用を促すことで、発電所の放置や廃棄を減らすことに貢献できると考える。

そればかりか、PV モジュールのエネルギー・ペイバック・タイム（Energy Payback Time）としての年数をより短くすることに貢献し、更には PV モジュールシステムコストの低減にも寄与することで、本実証事業をビジネス化する上での事業リスクの低減を図ることが可能になる。

**補足** エネルギー・ペイバック・タイムとは、製品のライフサイクルにおいて投入されるエネルギーを生産されたエネルギーで回収するために要する期間を意味し、ライフサイクルにおけるエネルギー投入量を年間発電量で除算することにより算出できる。エネルギー採算性の確保のためには、エネルギー・ペイバック・タイムが使用年数（或いは耐用年数）より短いことが不可欠で、エネルギー・ペイバック・タイムが短いほど高性能である。

更に、現在は環境への負荷の低減と資源の有効利用のため、廃棄物の再生利用、資源の回収・再利用の必要性が唱えられている。環境対策技術の一つとして位置づけられている PV モジュールにおいても、可能な限り再利用可能な有価物の回収・再利用を行うことが必要である。

以上の観点からも、再生可能エネルギーの導入は勿論として、そこで使われるモジュールの徹底した再活用、つまりリユースによる活用で好循環が環境社会を形成することはことには非常に大きな意義がある。

### 1.1.4 EV 蓄電池 (LiB) の国内動向

2030 年の温室効果ガス排出削減目標の達成に向けて、ガソリン車やディーゼル車に替わる次世代自動車の 1 つである電気自動車 (EV) が世界的に普及しつつある。

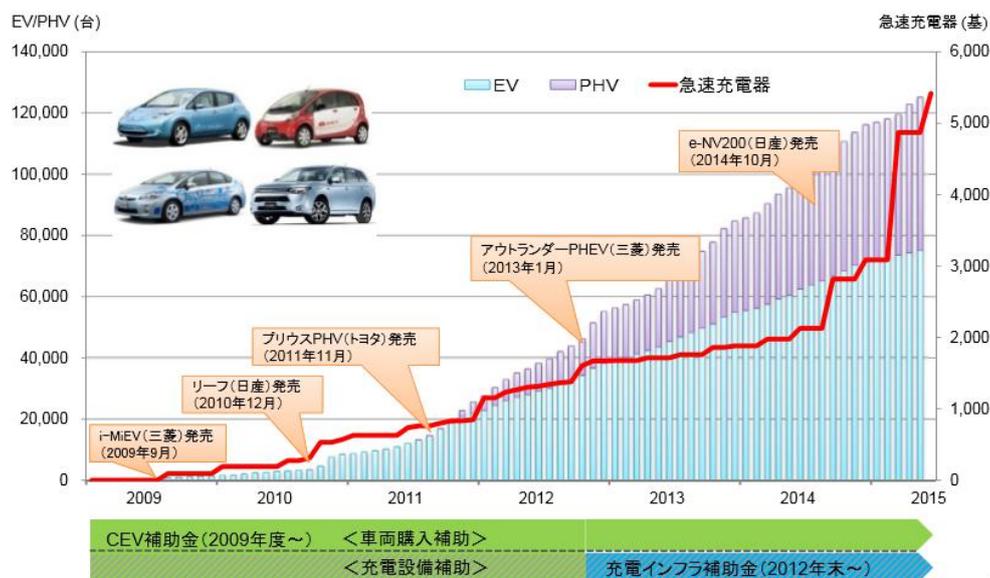


図 1.1.7 EV・PHV 及び急速充電器の普及推移と実績 (国内)

出典：経産省 自動車課 「自動車産業を巡る構造変化とその対応について」 (2017.01)

また、蓄電池のコストは 2010 年の時点で 1,000 米ドル (約 11 万円) /kWh だったが、2016 年には 200~300 ドル (約 2~3 万円) /kWh まで大幅に低下した。この効果によって電気自動車の急速な普及が始まろうとしている。

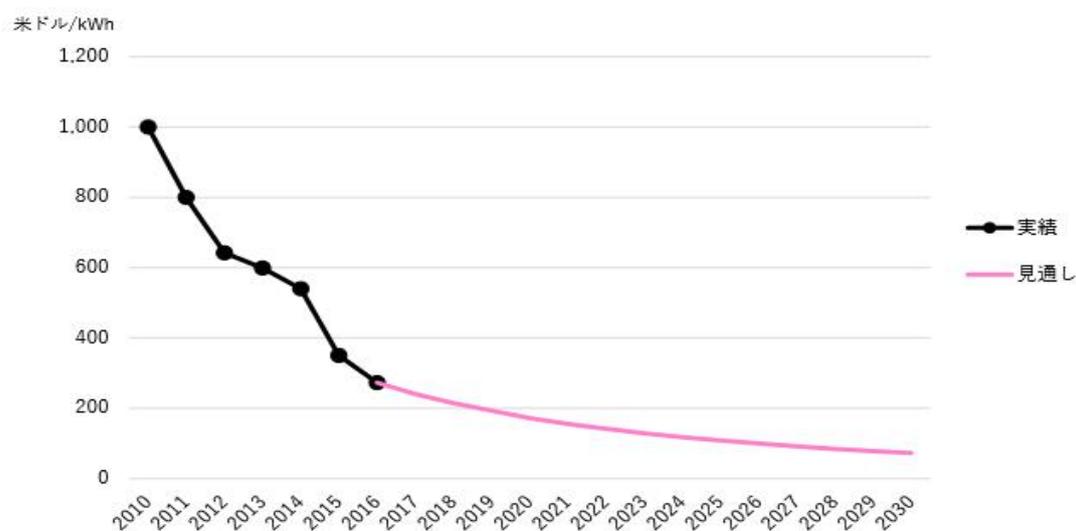


図 1.1.8 リチウムイオン電池の価格の推移と今後の見通し  
出典：BNEF 「Long-Term Electric Vehicle Outlook 2017」

しかし、電気自動車（EV）に搭載されているリチウムイオン電池（LiB）は、充放電を繰り返すと次第に電池容量が下がっていく特性がある。また、EV は「電池容量 = 1 充電当たりの走行距離」であるため、定格容量の 80%以下まで容量が低下した時点を電池の寿命と定めることが一般的である。

EV も発売から 5 年以上経過しており、廃車や交換等で生じる使用済み LiB の数が今後増加することが予想されている。

### 1.1.5 リユース EV 蓄電池（LiB）及びリユース PV の活用

2012 年 7 月からの FIT 制度により飛躍的に拡大した非住宅分野の市場は、現在年度の導入量が下降傾向にあるが、2024 年頃を境に微弱ながら導入量の増加が予想されている。

今後、大規模発電では、土地確保の制約から遊休地の活用や水上設置など設置場所の多様化が進み自然環境との調和を図りながら一定市場を確保していくものと考えられている。中規模の発電設備についても、大型設備同様に安定した市場が想定されるが、工場や様々な高圧需要家ではソケットパリティーが実現することで自家消費を中心とした市場拡大が期待されている。

これらを背景に、前述した国際的な低炭素化の流れ、また、PV 及び LiB の廃棄の問題の解決に向けて「LiB の定置利用（リユース）+PV モジュールのリユース」を目的とした本実証事業を計画した。このようなシステムは、従来の社会システムに無かったものであり、経済的合理性や品質面での課題が残されていることから今回の本実証試験で検証した。

## 第 2 章 実証事業の概要

第 2 章では、リユース EV 蓄電池 (LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV) を活用した低炭素電力システム構築実証事業における検証項目や実施体制に関し報告する。

## 2.1 本実証事業の概要

### リユース EV 蓄電池 (LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV) を活用した 低炭素電力システムの構築

#### 2.1.1 低炭素電力システム

本実証事業では、以下の図 2.1.1 に記す低炭素電力システムを構築した。具体的には、発電を行わせる PV モジュールにリユース品を用い、また発電した電力を蓄える LiB には EV 用に使用されたリユース LiB を定置利用した発電・蓄電システムである。



図 2.1.1 本実証事業の低炭素電力システムとしての全体イメージ

#### 2.1.2 本実証事業における検証項目

今回の実証事業において、低炭素電力システムの構築時の「リユース品使用における品質の確保」及び「経済的合理性」の面から以下の検証を行った。その検証項目に関し表 2.1.1 に記す。

表2.1.1 本実証事業における検証項目

区分	検証項目	報告章
・ リユース品使用における品質の確保	・ リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立	第 3 章
	・ リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化の確立	第 3 章
	・ リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立	第 3 章
	・ リユース太陽電池モジュール (PV) の簡易な選別分類手法の確立	第 4 章
	・ リユース太陽電池モジュール (PV) のシステム化の確立	第 4 章
	・ リユース太陽電池モジュール (PV) のリカバリー手法の確立	第 4 章
・ 経済的合理性の検証	・ 構築した低炭素電力システムの経済的効果	第 5 章
・ 環境負荷低減効果の検証		第 6 章
・ 事業実現可能性等の検証		第 7 章

## 2.2 本実証における実証期間、設置場所、及び設置設備

### 1) 実証期間

平成 29 年 6 月～30 年 2 月

### 2) 実証場所

株式会社啓愛社 栃木リサイクルセンター 栃木県河内郡上三川町大字石田 2309-2

事業内容：自動車リサイクル法にもとづく使用済み自動車のリサイクル



写真 2.2.1 株式会社啓愛社 栃木リサイクルセンター（Google Earth を利用）

### 3) 設置設備

- 太陽光発電 49.71 kW（三相用 21.96 kW + 单相 27.75 kW）
- 蓄電池 71.82 kWh（V2H 33.6 kWh + 蓄電池 38.22 kWh）



図 2.2.1 低炭素電力システムの設置状況

表 2.2.1 LiB 関連仕様

仕様	全体	内訳	
		V2H	蓄電池
平均蓄電能力	-	16.80 kWh/台 (24.00 kWh×70%)	5.46 kWh/台 (7.80 kWh×70%)
台数	9 台	2 台	7 台
蓄電量	71.82 kWh	33.60 kWh	38.22 kWh
型式	-	ニチコン ZHTP1900RL	NEC ESS-003007C0

表 2.2.2 PV モジュール関連仕様

仕様		全体	内訳	
			単相側	三相側
PV モジュール	平均発電能力	246 W	213 W	305 W
	枚数	202 枚	130 枚	72 枚
	発電量	49.71 kW	27.75 kW	21.96 kW
PCS	能力	-	5.50 kW	9.90 kW
	台数	11 台	9 台	2 台
	能力計	69.30 kW	49.50 kW	19.80 kW
	型式	-	OMRON KP55	田淵電機 EPU-T99P5-SFL

#### 4) 低炭素電力システム構築における技術的対応

今回の実証事業の実現における技術的課題への対応方針を表 2.2.3 及び図 2.2.2 に記す。

表 2.2.3 低炭素電力システム構築における技術的対応

区部		技術的対応
LiB 関連	基本的事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>多様な仕様のリユース品を使いこなす量産された共通仕様を採用する。</li> <li>車載構成部品を流用し安価かつ安全性を確保する。</li> </ul>
	LiB 電池パック	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムの容量低下、故障時にリビルト（容量 75%以上のモジュールと交換）することで容量を復帰させる。</li> </ul>
	リユース車載 充放電機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>電池と制御の組み合わせを変えずセットで利用することで安全性を確保する。</li> <li>車輻用電池と接続する。</li> <li>多様な仕様の蓄電池を利用するために車輻用電池との接続に CHAdeMO（共通規格）を採用するようにする。</li> </ul>
PV モジュール関連	基本的事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定のリユースモジュールを調達することは現実的に難しいことから、多様な仕様（発電方式、容量、寸法）のリユースモジュール品を使用する。</li> </ul>

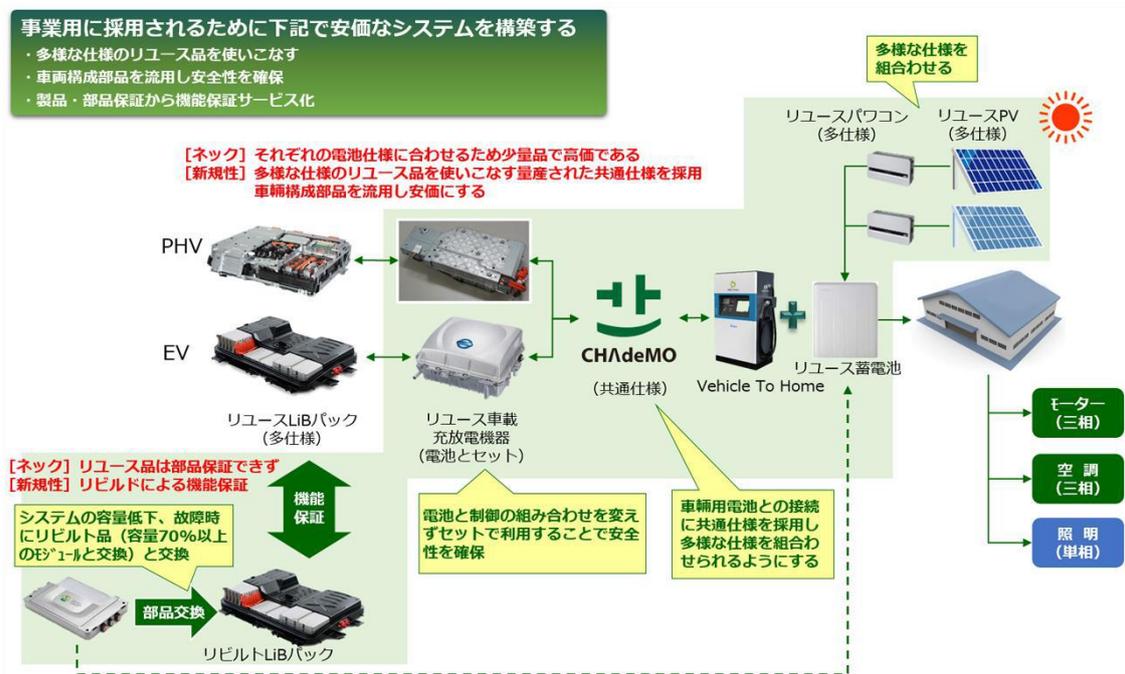


図 2.2.2 本実証事業における技術的対応



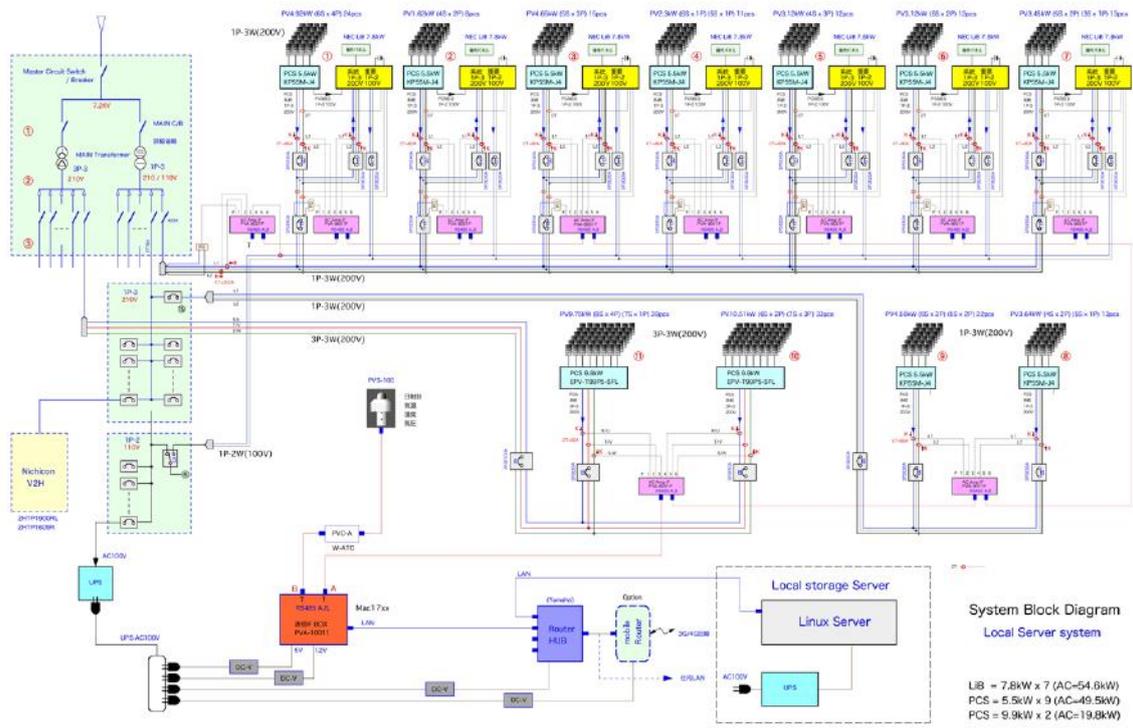


図 2.2.5 株式会社啓愛社栃木リサイクルセンターに設置した低炭素電力システムの単線結図

■ 低炭素電力システムの設置状況



写真 2.2.2 株式会社啓愛社栃木 RC



写真 2.2.3 PV モジュール (1)



写真 2.2.4 PV モジュール (2)



写真 2.2.5 PCS (单相)



写真 2.2.6 LiB 蓄電池 (1)



写真 2.2.7 LiB 蓄電池 (2) 内部構造



写真 2.2.8 V2H (リユース・リビルト LiB)



写真 2.2.9 PCS (三相)

## 2.3 本実証事業の実施工程及び実施体制

本実証事業の工程を図2.3.1及び図2.3.2に記す。

作業工程	H29年							H30年	
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
リユース品の簡易な選別分類手法の確立_PVモジュール		■							
リユース品の簡易な選別分類手法の確立_LiB				■	■	■	■		
設備機器の設置		■	■	■	■	■	■	■	
発電カリカバリー手法確立_LiB				■	■	■	■	■	
蓄電容量リカバリー手法確立_PVモジュール				■	■	■	■	■	
低炭素な電力システム構築				■	■	■	■	■	
市場調査							■	■	
環境改善効果の評価							■	■	
事業性・可能性の評価							■	■	

図2.3.1 低炭素電力システム構築の作業工程（1）

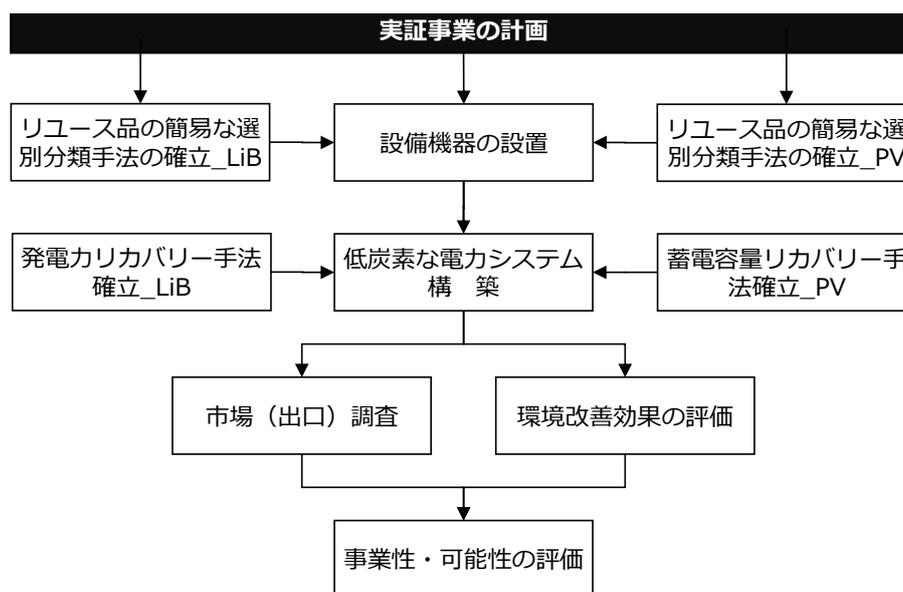


図2.3.2 低炭素電力システム構築の作業工程（2）

なお、本実証事業は、図 2.3.3 に記す体制にて実施した。特にガラス再資源化協議会（GRCJ）は、これ迄下記の各プロジェクトに関して一貫して指導的な役割とプロジェクトの方向付けを含めた全体的なコーディネーターの実績があり、本実証事業においても推進して頂いた。

事業者	役割
株式会社啓愛社	本実証事業の管理、実施
ガラス再資源化協議会	全体コーディネート、プロジェクト進捗指揮、包括的な課題解決指揮、LCA 評価
株式会社動力	PV モジュール選別手法確立、各種設置工事
株式会社浜田	LiB 選別手法確立
栃木日産自動車販売株式会社	LiB パック分解組立て（リビルト）
ニチコン株式会社	充放電部品特定、普及モデル試算
東京大学	LCA 評価の指導
エコスタッフ・ジャパン株式会社	本実証事業の事務局

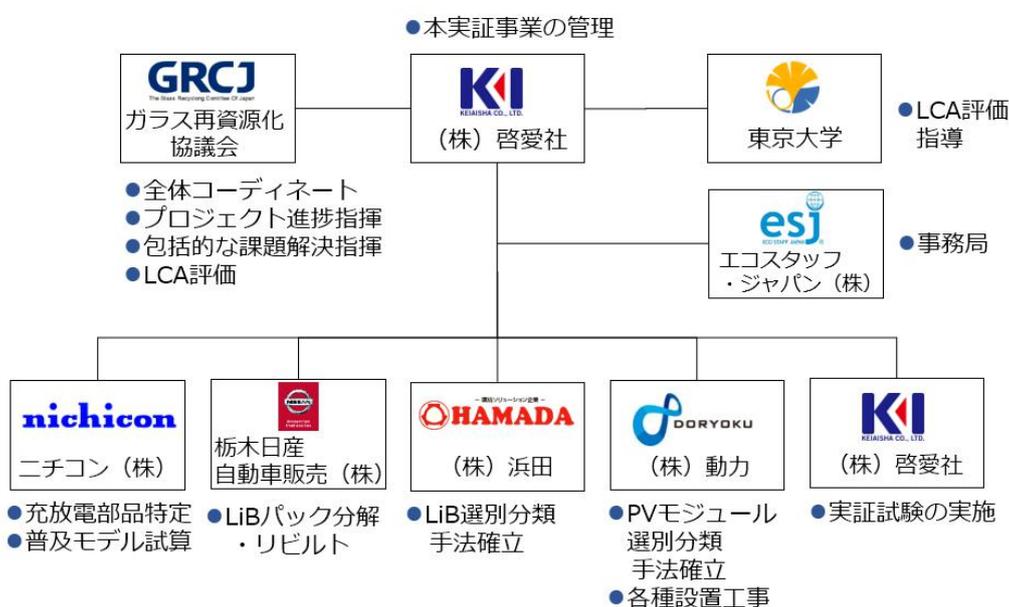


図 2.3.3 本実証事業の実施体制

\*\*\* ガラス再資源化協議会（GRCJ）を中心としたこれまでの活動実績 \*\*\*\*\*

- **GRaT1プロジェクト 2012-2014**  
[環境省] 廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度再資源化システムに関する研究
- **GRaT2プロジェクト (2014年)**  
[環境省] 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト
- **GRaT3プロジェクト (2015年)**  
[環境省] 使用済太陽光パネルユニットの新たなリユース、リサイクルシステムの構築事業
- **GRaT4プロジェクト (2016年)**  
[環境省] 使用済太陽電池モジュールの新たなリサイクル、リユースシステムの構築実証事業
- **太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト低コスト分解処理技術実証 (2016年)**  
[NEDO] ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発

## 第3章 LiBに関する手法の検証

### リユース品使用における品質の確保

- リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立
  - リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化手法の確立
  - リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立
- 

本実証事業で構築したリユース LiB 及びリユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムは、従来の社会システムに無かったものであることからリユース品使用における品質の確保経済的な合理性や等の課題が残されている。

第3章では、廃車となった日産リーフ3台と廃車から外されていた LiB1 パックを試験として用い、EV 車載用 LiB としては蓄電容量が低下した LiB を定置活用 (リユース) するために行った各種検証の結果を報告する。

## 3.1 本検証における試験車両と工程

### 3.1.1 試験車両

本手法の検証に使用した試験車両は、日産自動車株式会社（以下、「日産」と記す）のリーフ 3 台であり、その形式・走行距離を表 3.1.1 に記す。

表 3.1.1 日産リーフ試験車両

区分	形式	走行距離
1号車	初期型	92,337 km
2号車	中期型	2,457 km
3号車	中期型	1,583 km

なお、リーフに搭載されている LiB の主な仕様を表 3.1.2 及び表 3.1.3、図 3.1.1、図 3.1.2 に記す。また、中期型は初期型に対してパックの軽量化（筐体など）が主な変更点でセル性能上の差は無いとされている。

表 3.1.2 日産リーフ LiB 仕様

項目	仕様
種類	リチウムイオン電池
構成	48 モジュール（192 セル）
定格電圧	360.0 V
重量	294.0 kg

**（補足）** 本報告書では、この LiB に関して 48 モジュール（=192 セルの集合体）で構成されているかたまりを以下「パック」と記すこととする。更に、この「パック」以下の単位に関しても、その構成数によって区別し、それぞれの構成単位によって「セル」、「モジュール」と呼んでいる。これら 3 種の LiB の構成単位に関してより詳しく、且つ分かりやすく纏めたのが下の表である。先ず、「セル」は LiB の最小単位でその仕様は以下の通りである。次に、「モジュール」の単位はセル（単電池）を 2 直 2 並列に接続したものである。このモジュールが 48 個で構成されたものが「パック」となる。

表 3.1.3 LiB パックの構成

項目	セル	モジュール	パック
構成	1 cell	4 cell（2 直 2 並）	48 モジュール（192 cell）
定格電圧	3.75 V	7.5 V	360 V
定格容量	32.5 Ah	65 Ah	65Ah
定格電力量	122 Wh	488 Wh	23.4kWh
充電電圧	4.2 V	8.4 V	403.2V

日産リーフの LiB パック構成をより具体的に記すと、次の様になる。2 直 2 並列接続のモジュール 24 個を直列に接続してリア部に、また 12 個のモジュールを直列に接続した 2 つのパートをフロント部の左右に配置した上で、最終的に 3 つのモジュールパートを全て直列に接続され

ている。LiBパックの具体的な構成内容とその形状と寸法に関して、それぞれ図 3.1.1 と図 3.1.2 に記す。

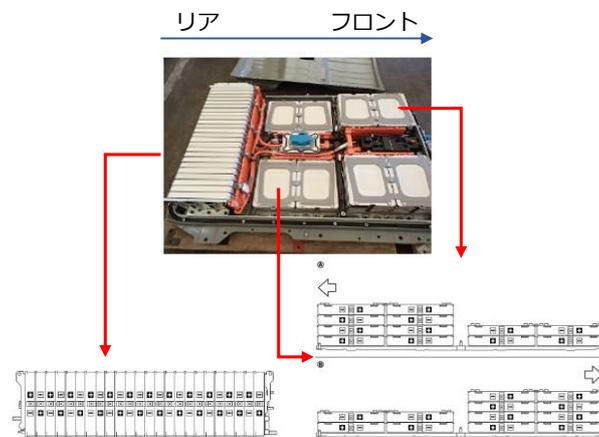
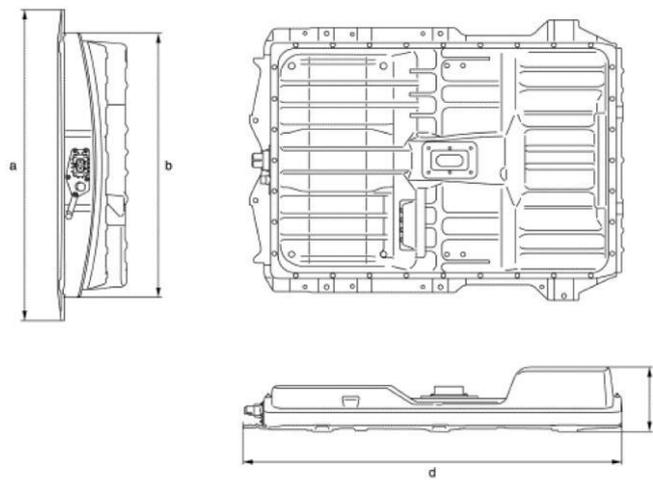


図 3.1.1 LiB パック構成



バッテリー 外形寸法	a (mm)	1188.0
	b (mm)	1007.0
	c (mm)	264.9
	d (mm)	1570.5

図 3.1.2 LiB パック寸法

### 3.1.2 本検証の作業工程

本検証で実施した作業は、選別分類工程とシステム化工程、リビルト工程に大別される。その工程について表 3.1.4 及び図 3.1.3 に記す。

表 3.1.4 LiB の選別分類工程とシステム化工程、リビルト工程

選別分類工程	システム化工程	リビルト工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 1 LiB 再利用診断</li> <li>・ 工程 2 LiB パック取出し (分解)</li> <li>・ 工程 3 LiB モジュール取出し</li> <li>・ 工程 4 LiB モジュール容量測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 5 充放電部品の取出し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 6 グレーディング</li> <li>・ 工程 7 リビルト</li> <li>・ 工程 8 LiB パック組込み</li> </ul>

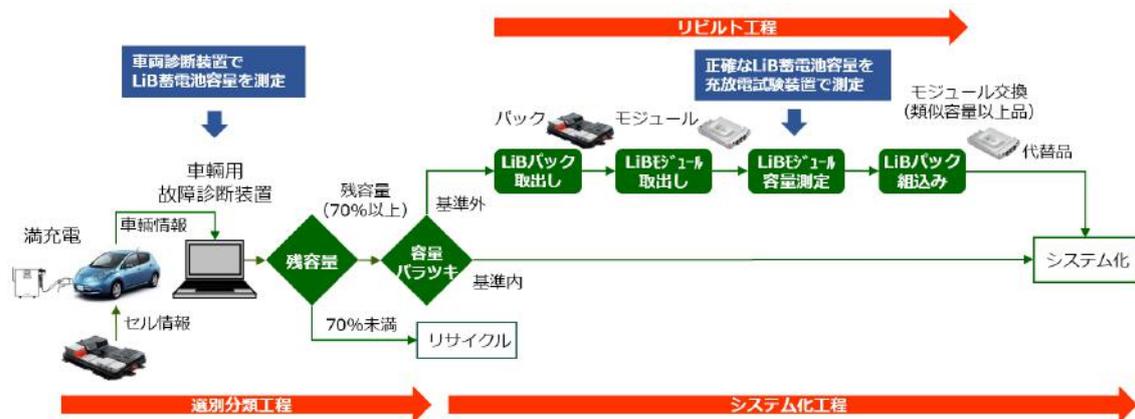


図 3.1.3 LiB の選別分類工程とシステム化工程、リビルト工程

## 3.2 リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立

リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量の低下度合いを簡易に分類する方法を確立するために以下の工程を実際に行い、車両用故障診断装置で得られる LiB 蓄電池容量の値と、充放電試験装置で測定した正確な値を比較した。

### 3.2.1 作業工程

本実証事業で実施した LiB に関する作業は、選別分類工程とシステム化工程、リビルト工程に大別される。その工程について表 3.2.1 及び図 3.2.1 に記す。

表 3.2.1 LiB の選別分類工程

選別分類工程	システム化工程	リビルト工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 LiB 再利用診断</li> <li>工程 2 LiB パック取出し (分解)</li> <li>工程 3 LiB モジュール取出し</li> <li>工程 4 LiB モジュール容量測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 充放電部品の取出し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 6 グレーディング</li> <li>工程 7 リビルト</li> <li>工程 8 LiB パック組込み</li> </ul>

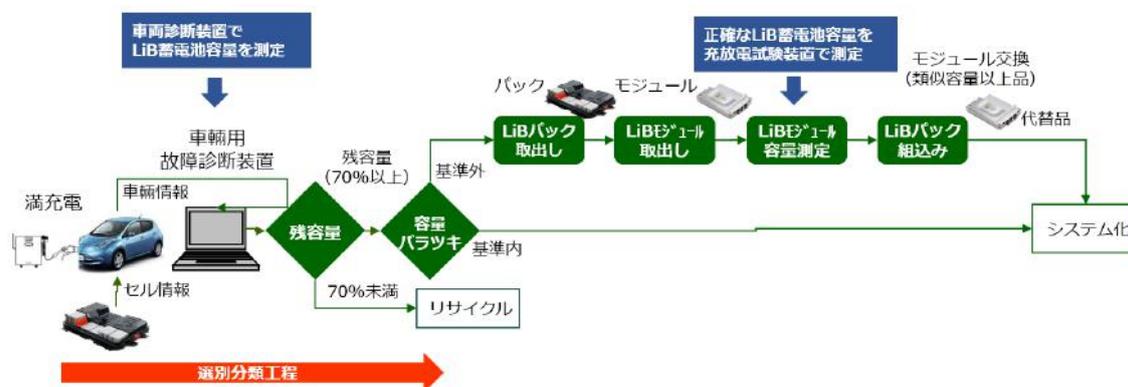


図 3.2.1 LiB の簡易な選別分類工程

### 3.2.2 工程 1 LiB 再利用診断工程

日産の車両故障診断装置である CONSULT を用いることで LiB が EV に搭載された状態で LiB パックの構成モジュールの残容量と電池セル電圧を測定した。その診断結果をもとにパックのまままで再利用するか、或いはリビルトするか否かを判断する。

**CONSULT 診断** 日産自動車が提供している高性能化するクルマのハイテク診断装置のこと。この車両故障診断装置を使うことで、LiB パックの特性や不具合を素早く的確に測定し、見つけ出すことが可能となる。

#### 1) 残容量確認

EV のメーターから走行距離と LiB パック残容量 (12 セグメント)を確認した。



図 3.2.2 EV における LiB パック残容量確認イメージ

#### 2) LiB 再利用要否診断

車両故障診断装置 CONSULT の診断結果から LiB パック・モジュールに関する以下 4 つの情報を取得した。

- ・ LiB パック電圧
- ・ 充電回数
- ・ LiB モジュール電圧
- ・ 充電時間



図 3.2.3 CONSULT 診断 (車両故障診断装置) から取得した LiB パック・モジュールに関する情報

### 3) LiB パック再利用・リビルト要否判断

LiB パックとしての良好な再活用のために、パックのまま再利用しても大丈夫か、或いは、リビルトしないと難しいかの判断を行う。その分類のための閾値の設定に関して表 3.2.2 に記す。

表 3.2.2 LiB パックの再利用・リビルト要否判断基準（例）

区分	リユース対象	リビルト対象	廃棄・リサイクル対象
LiB パック電圧残容量	70%以上	70%以上	70%未満
LiB モジュール電圧のバラツキ	300 mV 以内	300 mV 以上	300 mV 以上
充電回数・時間	普通充電>急速充電	***	***
走行距離	走行距離が少ない (10万 km 未満)	走行距離が少ない (10万 km 未満)	走行距離が多い (10万 km 以上)

※次工程である「工程 2 LiB パック取出し（分解）」に関しては、特別な工程ではないため記述を省略する。

### 3.2.3 工程 3 LiB パック取出し工程

車体から取り外した LiB パックを分解し、大きく 3 つのパート（リア 24LiB モジュール、フロント左 12LiB モジュール、フロント右 12LiB モジュール）に分ける。

- 手順 1 横置き 24 個から構成されている LiB モジュールを取り外す。
- 手順 2 水平置き 12 個から構成されている LiB モジュールを取り外す。
- 手順 3 ユニット毎にバスバーを取り外し、LiB モジュールそのものの状態にする。
- 手順 4 LiB モジュールとして測定場所に輸送を行う。

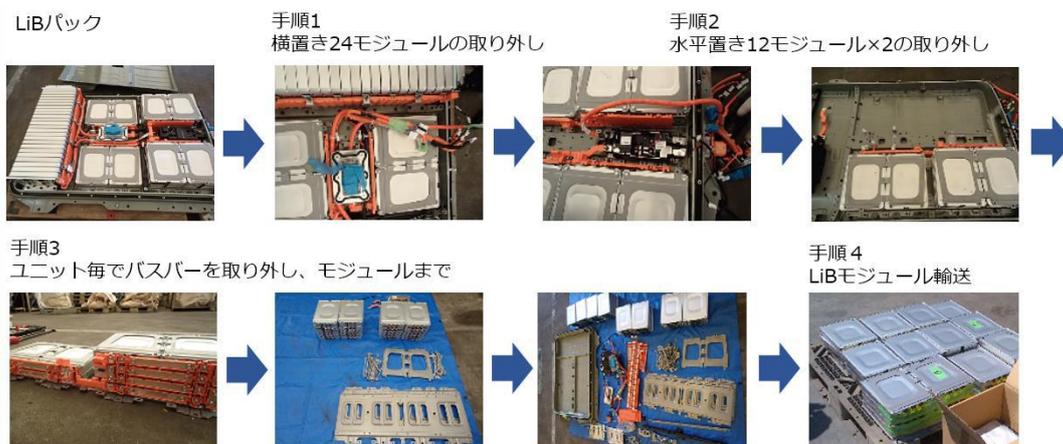


図 3.2.4 LiB パックの取出し手順

### 3.2.4 工程 4 LiB モジュールの容量測定

初めての LiB モジュール評価となるため、評価手順は効率と確実性を見極めながらやや試行錯誤的になった。最初の 1 号車、2 号車に関しては下に述べる手順を基本に、出来るだけ短時間に評価する方式をとった。ただ精度的にやや課題を残したために 1 号車分の 2LiB モジュール、2 号車分では再度全数で評価に行い精度を上げた。3 号車分は 1、2 号車の結果を踏まえて新しい評価条件を適用した。1 号車 2 号車で実施した基本的な LiB モジュール評価の手順を記す。

#### 1) 各 LiB モジュールに番号付与 (#1～#48)

- ・ リア部はプラス端子側から順に #1～#24
- ・ フロント部左側はプラス端子側から順に #25～#36
- ・ フロント部右側はプラス端子側から順に #37～#48

#### 2) LiB モジュール毎の静特性の確認 (開回路電圧 OCV、内部抵抗 IR)

静特性に蓄電容量が低下した LiB モジュールの兆候が出るか確認するために確認した。

#### 3) 充放電試験

充放電試験装置の能力上、全体を 12LiB モジュール単位で 4 パートに分けてパート毎に評価を行った。

表 3.2.3 評価単位

パート No. 1	#1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17,19, 21, 23
パート No. 2	#2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24
パート No. 3	#25 ～ 36
パート No. 4	#37 ～ 48

#### 4) 配線接続

1 パート、12LiB モジュールを並列に配線接続する。

#### 5) 充電

12LiB モジュールを並列状態で充電し満充電状態に近付ける。

条件設定：定電圧定電流充電 (8.4 V 48 A) 電流垂下停止 39 A

今回の充電は、以下の 3 つの理由や要因から、並列に接続した状態で行うこととした。

- ・ パック内の各モジュールの蓄電容量の低下度合いが個別には分からないこと
- ・ そのため、モジュール間のバランスが崩れていた場合に、直列の状態での充電では各モジュールの電圧制御が難しくなくなり結果、不安全な状態に陥る恐れがあること
- ・ 充放電試験機そのものの能力で制限される可能性があること

さらに、上記条件設定が安全上問題無いことを確認するために最初の試験である1号車のパート No.1 では、一旦電流垂下停止値を 45 A にした後、問題が無いと判断して追加で電流が 39A に垂下するまで充電を行った。



写真 3.2.1 パート No.1. 並列接続にて充電している様子



写真 3.2.2 パート No.3 並列接続にて充電している様子

#### 6) 並列接続をはずし、LiB モジュール単位で放電 (65A to 6V)



写真 3.2.3 パート No.4 単モジュール放電の様子

5) の最初の試験条件確認によりパート No.1 においてはパート No.2 から No.4 に比較して少し充電量が多くなり、その分放電量もやや多くなっている。初回の試験方法を通して安全性が確認されたが、充電がやや不足していることがバラツキの要因と考えられるため、その確認として1号車の2モジュール分を表 3.2.4 の充放電条件で再度評価を行った。

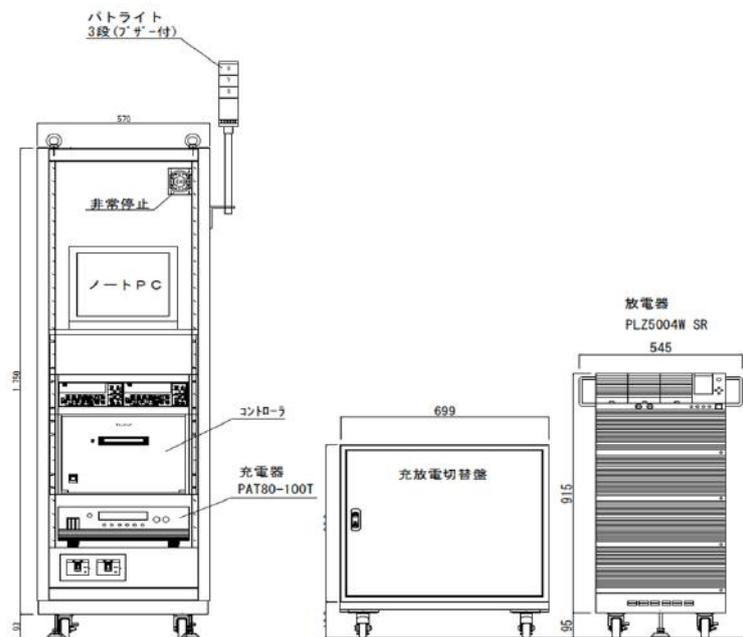
表 3.2.4 充放電条件

充電	定電流定電圧充電 20A 8.4V 電流垂下停止 4A
放電	定電流放電 65A to 6.0V

また 3 号車に関しては 1, 2 号車で行った上記工程 5 の 12 モジュール並列補充電で生じる充  
電電気量のバラツキを避けるとともに、時間の短縮も考慮し、最初からモジュール別に評価を行  
い車体から LiB パックを取り外した際に残存している容量の放電から始める方法に変更した。  
つまり、表 3.2.5 の条件で放電、充電、放電試験を行った。

表 3.2.5 充放電条件

放電	定電流放電 65 A to 6.0 V
充電	定電流定電圧充電 20 A 8.4 V 電流垂下停止 4 A
放電	定電流放電 65 A to 6.0 V



充電／放電試験条件設定範囲	充電：CCC、CCCV 放電：CCD、CPD
設定可能範囲	充電：0～100 V、0～50 A 放電：0～100 V、0～5 KW

図 3.2.5 LiB 容量測定に使用した充放電試験装置

### 3.2.5 選別分類作業に要する所要時間とコスト

以下の表 3.2.6 及び表 3.27 に LiB1 パックの選別・分類作業に要した時間・コストを記す。

表 3.2.6 LiB1 パックの選別・分類作業に要した時間

工程	作業時間
分解	3.0 h
充電	20.0 h
脱着	1.0 h
モジュール交換	0.6 h
組立	3.0 h
合計	27.6 h

表 3.2.7 LiB1 パックの選別・分類作業コスト

区分	所要時間・金額
作業時間	7.6 h/LiB1パック
作業人件費	22800 円/LiB1パック
1kWhあたりの作業人件費	1,188 円/kWh

※上記時間・作業コストは充電時間を除く。

### 3.2.6 検証結果

LiB の容量を把握する手法は、車両用故障診断装置と充放電試験装置を用いた方法があるが、得られた測定結果が誤差 7%（有意差無し）であったこと、EV 及び LiB を分解せずに蓄電池容量を把握できることから、車両用故障診断装置の利用が有効であることが確認された。その測定結果を表 3.2.8 に記す。

また、後述する「3.5.4 充放電試験装置と車両故障診断装置 CONSULT との関係」にその詳細を記す。

表 3.2.8 故障診断装置 CONSULT と充放電試験装置の測定値の比較

	CONSULT 測定値	充放電試験装置 測定値
1号車	74%	81%
2号車	92%	93%
3号車	89%	89%

### 3.3 リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化手法の確立

簡易な選別分類工程で残容量 70%以上と判定された LiB パックを用いて低炭素電力システムを構築するために、EV から充放電部品のみを取出す作業工程の検証を行った。検証に際しては車載している充放電関連部品を流用することで安価かつ安全性を確保した。

#### 3.3.1 作業工程

システム化工程について表 3.3.1 及び図 3.3.1 に記す。

表 3.3.1 LiB のシステム化工程

選別分類工程	システム化工程	リビルト工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 LiB 再利用診断</li> <li>工程 2 LiB パック取出し (分解)</li> <li>工程 3 LiB モジュール取出し</li> <li>工程 4 LiB モジュール容量測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 充放電部品の取出し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 6 グレーディング</li> <li>工程 7 リビルト</li> <li>工程 8 LiB パック組込み</li> </ul>

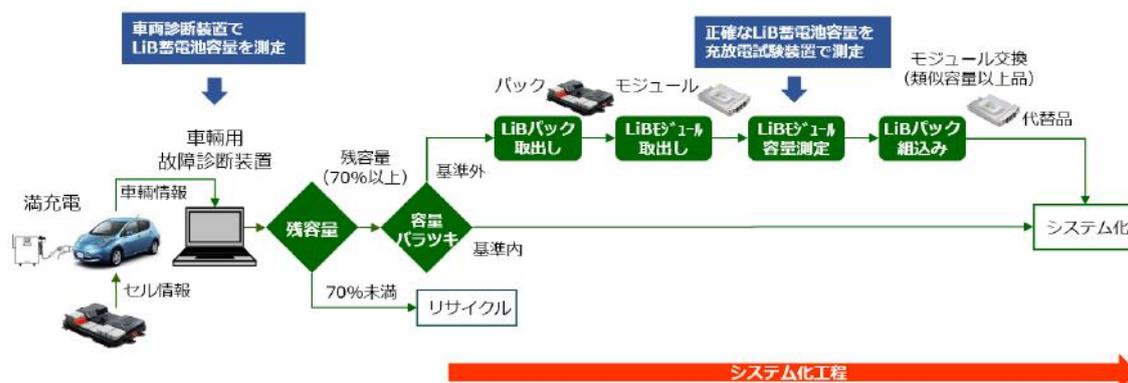


図 3.3.1 リユース LiB のシステム化工程

#### 3.3.2 工程 5 充放電部品の取出し

##### 1) 不要な機器の特定

- ・ 整備要領書の高圧配線図から不要な機器の電源を切る。(フューズを外す)
- ・ 整備要領書の低圧・制御配線図から不要な機器の制御線を外す

##### 2) 必要な機器の取り出し

車載から必要な機器を取出しシステムを構成する。なお、LiB パックや制御部品の取出しに際しては、メーカーの整備要領書を参考に行った。

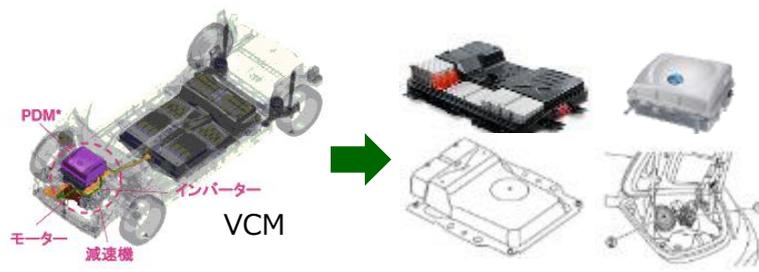


図 3.3.2 システム構成

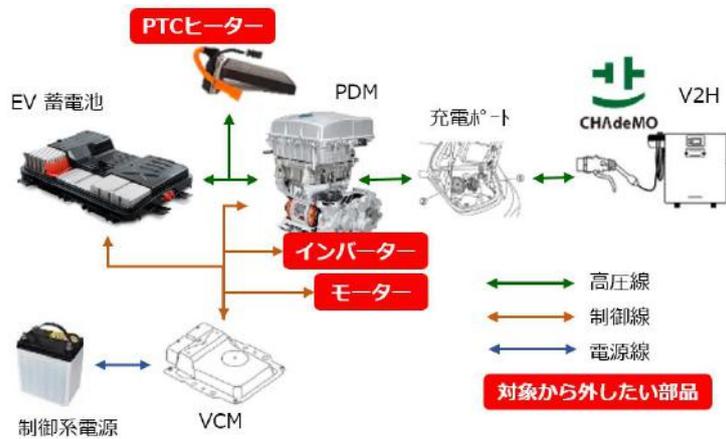


図 3.3.3 構築した自動車部品を利用したシステム

**VCM (ビークルコントロールモジュール : Vehicle Control Module)**

EV において VCM はドライバーのアクセル踏み込み量を常にモニターし、モーター駆動と回生の制御をコントロールしている。ガソリン車の ECM に相当する。

**PDM (パワーデリバリモジュール : Power Delivery Module)**

交流電流を高電圧バッテリーへ充電するための充電器、高電圧を低電圧へ変換する DC/DC コンバーター、高電圧を分配し、異常時には遮断するブレーカーの役割をもつジャンクションボックスが一体化したものの。

その際、リーフの初期型と中期型との間では、システム構成が異なり車載の充放電部品と LiB との間に互換性が無いことが判ったことを追記する。LiB の形状の差異を図 3.3.4 に記す



図 3.3.4 リーフの充放電部品と LiB パック (左 : 初期型、右 : 中期型)

### 3.4 リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立

EV で使用されていた LiB パックを定置活用 (リユース) するうえで、蓄電容量の低下度合いが激しいもののリカバリー (回復) 手法の検証を行った。

#### 3.4.1 作業工程

蓄電池容量が低下した LiB パックのリカバリー手法として LiB モジュールの交換によるリビルト作業の効果を検証した。その作業の工程を表 3.4.1 及び図 3.4.1、図 3.4.2 に記す。

表 3.4.1 LiB の蓄電容量のリカバリーのためのリビルト工程

選別分類工程	システム化工程	リビルト工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 LiB 再利用診断</li> <li>工程 2 LiB パック取出し (分解)</li> <li>工程 3 LiB モジュール取出し</li> <li>工程 4 LiB モジュール容量測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 充放電部品の取出し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 6 グレーディング</li> <li>工程 7 リビルト</li> <li>工程 8 LiB パック組込み</li> </ul>

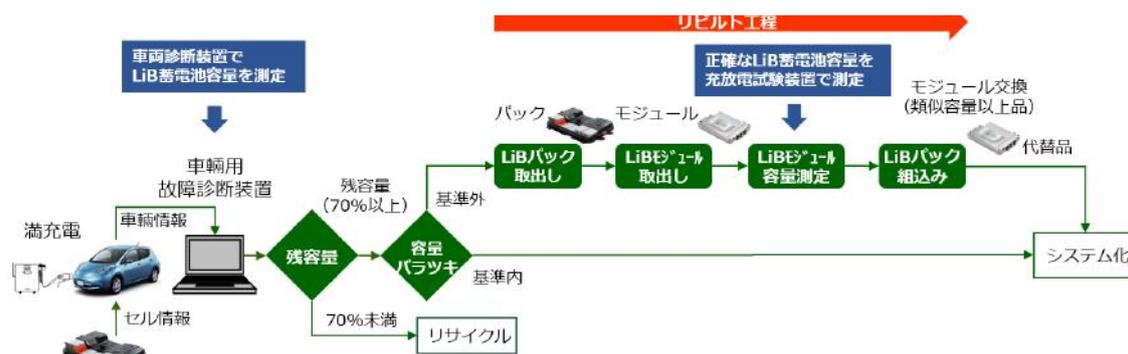


図 3.4.1 LiB の蓄電容量のリカバリーのためのリビルト工程



図 3.4.2 リビルト工程の詳細

### 3.4.2 工程 6 グレーディング

「3.2.4 工程 4 LiB モジュールの容量測定」で得られた LiB モジュールの放電電力に合わせてグレード分けを行った。

#### グレーディング

走行が進んでいる EV の LiB パック内のそれぞれのモジュールの蓄電容量がどの程度の低下をしているのかを確認するために、モジュール単位まで分解をしてそれぞれ個別の性能状態の測定と評価を行うことである。今回このグレーディングという工程を設定することにより、リユース LiB を本実証でリユースするにあたり以下 2 つの選択の判断を可能にしたことである。

- A) パックのまままで再利用する
- B) パック内で蓄電容量の低下が著しいモジュールがあればそれを別のモジュールに交換した上で再利用する。

また、以下のような利点を引き出せる。

利点 1：性能の均一な LiB パックとしての再活用が可能となる。

利点 2：LiB パック毎の性能判断で分類し、低下の著しいものを一括で排除する場合に比べ、少しでも多くのモジュールの救済とその活用が可能となる。

利点 3：結果として、環境に配慮した無駄のないリユース品の活用に貢献する。

グレーディング基準は、一般的に電池の容量低下を判断する場合、電極の放電性能の低下である放電容量低下と、放電反応抵抗の増加による放電電圧の低下を観察するが、今回のその双方を加味する電池の放電電力量によるグレードを設定した。表 3.4.2 その基準を記す。

表 3.4.2 電池の放電電力量によるグレーディング基準（例）

グレード	LiB モジュール放電電力 Wh (放電容量 Ah × 放電平均電圧 V)
A	400 以上
B	300~399
C	200~299
D	100~199
E	99 以下

なお、新品の値は LiB パックで 24 kWh でありモジュールあたり 500 Wh になるが、試験条件での差（高率放電）もあり推測値ではあるが、475 Wh（65 Ah × 7.45 V × 0.98 ≒ 475）と見ている。

### 3.4.3 工程 7 リビルト

#### LiB モジュールの交換による LiB パックの再構成

この工程は、各 LiB モジュール間の性能に大きな差異が生じないようにするために、性能が著しく低下したモジュールがあれば、同じグレードのモジュールとなるように組み換え、再構成するものである。

LiB パック再構成には、車のシステムがバッテリー異常と判断しないように、各モジュールの電圧バラツキを 300 mV 以内に収める必要がある。出来るだけ入手時の電圧近辺で、かつバラツキが出ないように充電状態を揃えた。

※「工程 8 LiB パック組込み」は特別な工程ではないため、記述を省略する。

### 3.4.4 検証結果

検証の結果、各 LiB モジュールの容量を専用の充放電試験装置で測定し、各モジュール間のセル電圧のバラツキが非常に少なく、全モジュールが均等に容量低下していることが判った。上記試験の結果、蓄電池容量が低下した LiB パックの一部のモジュールを交換しただけでは容量は回復しないため、パックそのものの交換が合理的であることが判った。

また、日産リーフの LiB パックの容量評価を通して得られた知見から、グレーディングを行う際の診断法として 3 方法を検討した。

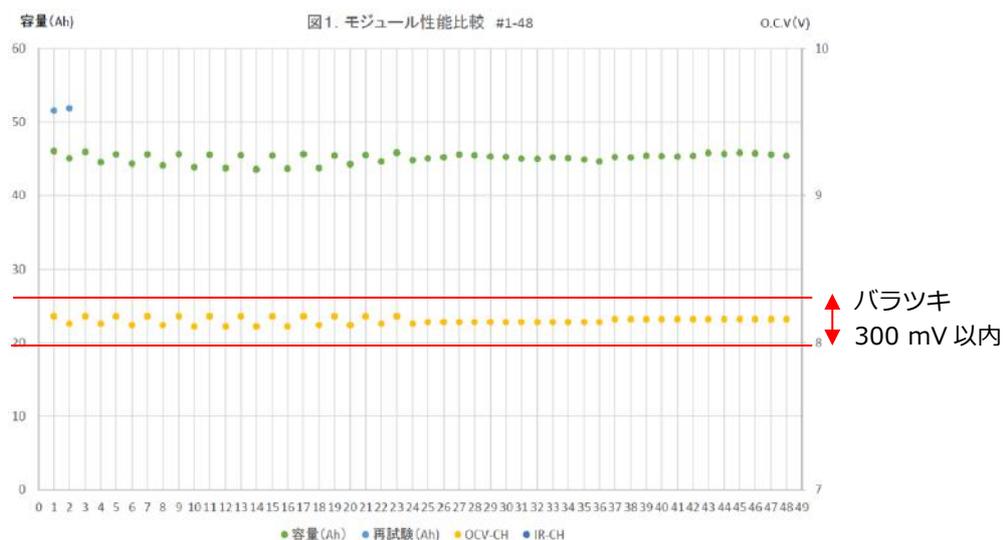


図 3.4.3 車両用診断装置及び充放電試験装置を用いた LiB の測定結果

### 3.5 LiB モジュールの容量測定結果

「3.2 リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡易な選別分類手法の確立」及び「3.4 リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立」で実施した LiB モジュールの容量測定の結果について記す。

測定対象：1号車（初期型、走行距離：92,337 km）

2号車（中期型、走行距離：2,457 km）

3号車（中期型、走行距離：1,583 km）

#### 3.5.1 評価試験結果：1号車（初期型、走行距離：92,337 km）

試験で得られた結果を表 3.5.1. および図 3.5.1 に記す。また、#1 の放電データを典型的なものとして図 3.5.2 に記す。

表 3.5.1 1号車 LiB モジュール性能一覧表

Part No.	CELL #	INT.		after chg		65A to 6V 放電			参考	
		OCV	IR	OCV-CH	IR-CH	容量 (Ah)	放電平均電圧	電力量 (Wh)	単モジュール充電による再測定 (Ah)	Wh
1	1	7.98	1.61	8.18	1.62	46.04	7.425	341.8	51.54	386.0
2	2	7.98	1.60	8.13	1.60	45.06	7.426	334.6	51.88	388.4
1	3	7.98	1.60	8.18	1.62	45.94	7.438	341.7		
2	4	7.98	1.61	8.13	1.59	44.52	7.376	328.4		
1	5	7.98	1.61	8.18	1.64	45.63	7.397	337.6		
2	6	7.98	1.61	8.12	1.59	44.34	7.402	328.2		
1	7	7.98	1.63	8.18	1.65	45.64	7.417	338.5		
2	8	7.98	1.62	8.12	1.59	44.12	7.410	326.9		
1	9	7.98	1.64	8.18	1.65	45.68	7.422	339.0		
2	10	7.98	1.65	8.11	1.63	43.86	7.406	324.8		
1	11	7.98	1.65	8.18	1.66	45.58	7.423	338.3		
2	12	7.98	1.65	8.11	1.63	43.73	7.405	323.8		
1	13	7.98	1.64	8.18	1.66	45.50	7.387	336.1		
2	14	7.98	1.65	8.11	1.62	43.56	7.385	321.7		
1	15	7.98	1.65	8.18	1.67	45.44	7.417	337.1		
2	16	7.98	1.67	8.11	1.65	43.65	7.402	323.1		
1	17	7.98	1.63	8.18	1.66	45.66	7.433	339.4		
2	18	7.98	1.64	8.12	1.62	43.72	7.369	322.2		
1	19	7.98	1.63	8.18	1.65	45.44	7.412	336.8		
2	20	7.98	1.63	8.12	1.62	44.29	7.407	328.0		
1	21	7.98	1.63	8.18	1.66	45.51	7.430	338.2		
2	22	7.98	1.67	8.13	1.65	44.63	7.420	331.2		
1	23	7.98	1.63	8.18	1.65	45.81	7.442	340.9		
2	24	7.98	1.65	8.13	1.62	44.83	7.442	333.7		
3	25	7.98	1.59	8.14	1.55	45.07	7.378	332.5		
3	26	7.98	1.60	8.14	1.56	45.22	7.393	334.3		
3	27	7.98	1.59	8.14	1.54	45.59	7.421	338.3		
3	28	7.98	1.59	8.14	1.56	45.47	7.421	337.4		
3	29	7.98	1.61	8.14	1.58	45.31	7.400	335.3		
3	30	7.98	1.62	8.14	1.59	45.26	7.406	335.2		
3	31	7.98	1.57	8.14	1.55	45.02	7.426	334.3		
3	32	7.98	1.61	8.14	1.59	45.00	7.419	333.8		
3	33	7.98	1.61	8.14	1.58	45.20	7.429	335.8		
3	34	7.98	1.62	8.14	1.6	45.10	7.423	334.8		
3	35	7.98	1.62	8.14	1.59	44.92	7.384	331.7		
3	36	7.98	1.65	8.14	1.63	44.64	7.383	329.5		
4	37	7.98	1.61	8.16	1.67	45.23	7.394	334.4		
4	38	7.98	1.61	8.16	1.67	45.21	7.396	334.3		
4	39	7.98	1.58	8.16	1.64	45.41	7.416	336.8		
4	40	7.98	1.59	8.16	1.65	45.35	7.410	336.0		
4	41	7.98	1.60	8.16	1.67	45.30	7.423	336.3		
4	42	7.98	1.60	8.16	1.66	45.38	7.421	336.7		
4	43	7.98	1.60	8.16	1.67	45.80	7.429	340.3		
4	44	7.98	1.61	8.16	1.68	45.68	7.421	339.0		
4	45	7.98	1.57	8.16	1.64	45.81	7.407	339.3		
4	46	7.98	1.56	8.16	1.64	45.74	7.375	337.4		
4	47	7.98	1.56	8.16	1.63	45.58	7.403	337.4		
4	48	7.98	1.58	8.16	1.64	45.41	7.388	335.5		

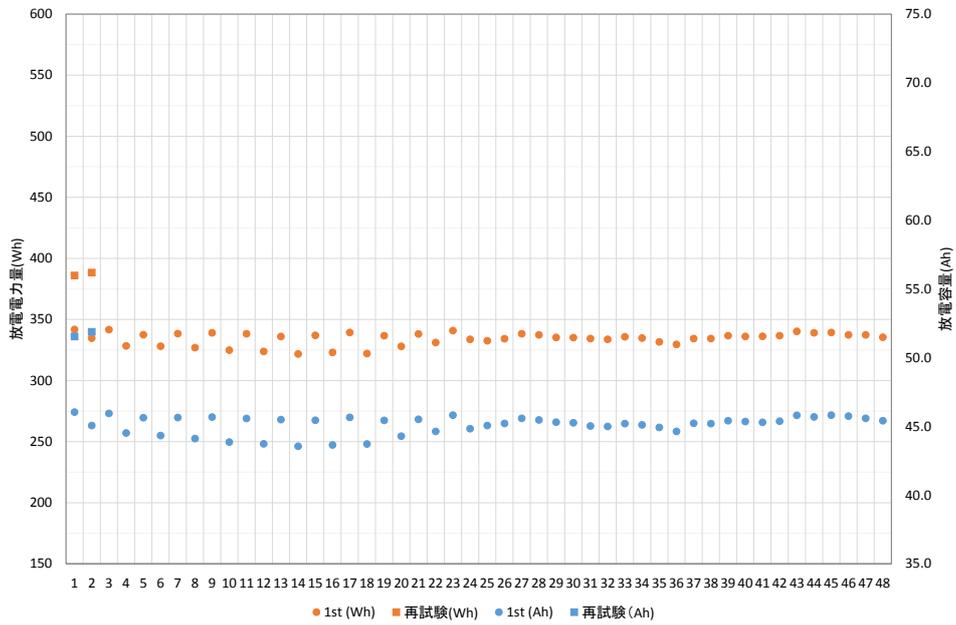


図 3.5.1 1号車 放電容量と放電電力量

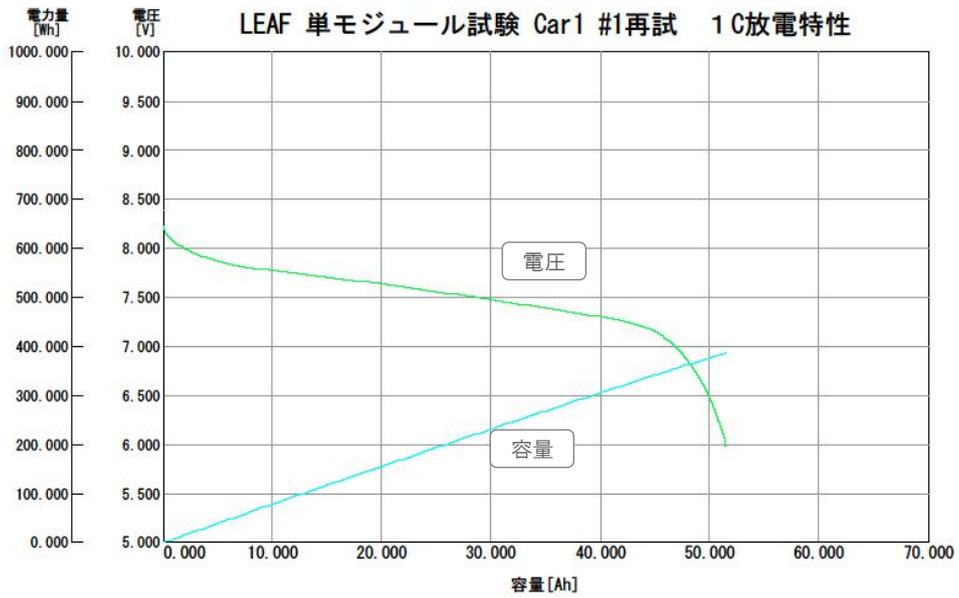


図 3.5.2 LEAF 単モジュール試験 Car1 #1再験 1C 放電特性

## 【試験で得られた結果】

- a. 車から取り外された直後の静特性（OCV、IR）には大きな差が無かった。
- b. モジュールでの充放電試験においても、OCV、IR には差がほとんど見られず、個別のモジュールや内部のセルの性能低下を示すような大きな特性差は観察されなかった。
- c. 今回の放電で設定した電流値は1時間率の比較的高い放電電流で行った。これはもしモジュールに異常があればより顕著にその差が出る値であるが、各モジュールの1回目の放電容量は43.56～46.04 Ah であり、放電平均電圧は7.37～7.44 V と有意的な差は認められなかった。また1回目で見られたパート1と2の放電容量の差も表3.2.4に記した最初の充電条件設定による差によるものであり、パート1のモジュール#1とパート2のモジュール#2をそれぞれ単モジュールで同条件による再充放電試験を行うと放電容量に差が無いこと、多モジュール並列充電と単モジュール充電試験において充電電気量の差によるものと確認した。（#1：46.04→51.54 Ah、#2：45.06→51.88 Ah）。
- d. これらの結果から今回グレーディングのために評価した電池パックは、モジュールの性能低下が個々には進んでおらず全体として均一に特性低下が進んでいると考察した。
- e. 充分充電した場合の放電容量は初期の少なくとも81%程度はあると考えられる。  
(=387 Wh ÷ 475 Wh)
- f. 初回（1号車）のグレーディングとしては、試験設備上の制約もあり各モジュールを4パートに分けそれぞれ並列充電したが、2モジュールでの再充放電試験での確認からもパック内で大きな蓄電容量の低下を示すものが存在せず、均等に低下が進んでいると推測した。全モジュールともランクBとして位置づけ、モジュールの一部交換や組み替えの必要が認められないためこのままパックを再構成した。

### 3.5.2 評価試験結果：2号車（中期型、走行距離：2,457 km）

試験で得られた結果を 3.5.2. および図 3.5.3 に記す。また、モジュール#10 の放電データを典型的なものとして図 3.5.4 に記す。

表 3.5.2 2号車 LiB モジュール性能一覧表

Part No.	CELL #	INT.		65A to 6V 放電(1st 補充電後)			65A to 6V 放電(2nd)		
		OCV	IR	容量(Ah)	放電平均電圧	電力量(Wh)	容量(Ah)	放電平均電圧	電力量(Wh)
1	1	8.03	1.36	50.38	7.42	374.04	58.85	7.468	439.5
2	2	8.02	1.38	50.08	7.44	372.57	58.53	7.487	438.2
1	3	8.03	1.34	50.39	7.45	375.59	58.89	7.512	442.4
2	4	8.02	1.37	49.82	7.45	371.10	58.72	7.509	440.9
1	5	8.03	1.33	50.25	7.46	374.81	58.63	7.488	439.0
2	6	8.02	1.38	49.77	7.41	368.91	58.92	7.515	442.8
1	7	8.03	1.33	50.13	7.44	372.95	58.97	7.521	443.5
2	8	8.03	1.37	49.44	7.44	367.80	58.62	7.503	439.8
1	9	8.03	1.35	50.07	7.45	373.10	58.82	7.521	442.4
2	10	8.02	1.39	49.72	7.44	370.13	58.89	7.519	442.8
1	11	8.02	1.34	50.02	7.45	372.77	58.58	7.511	440.0
2	12	8.02	1.38	49.55	7.44	368.88	58.88	7.519	442.7
1	13	8.02	1.34	49.74	7.38	366.98	58.93	7.522	443.3
2	14	8.02	1.40	49.01	7.40	362.52	58.35	7.491	437.1
1	15	8.03	1.35	49.81	7.42	369.72	58.70	7.511	440.9
2	16	8.03	1.38	48.79	7.42	362.03	58.32	7.500	437.4
1	17	8.03	1.34	49.93	7.43	371.22	58.58	7.471	437.7
2	18	8.02	1.37	49.32	7.43	366.51	58.56	7.490	438.6
1	19	8.03	1.33	49.97	7.45	372.00	58.79	7.498	440.8
2	20	8.03	1.39	49.14	7.44	365.72	58.21	7.469	434.8
1	21	8.03	1.34	50.18	7.45	374.06	58.92	7.485	441.0
2	22	8.03	1.37	49.57	7.45	369.51	58.54	7.478	437.8
1	23	8.03	1.33	50.18	7.46	374.19	58.60	7.454	436.8
2	24	8.02	1.39	49.88	7.45	371.78	58.57	7.479	438.0
3	25	8.03	1.33	47.50	7.34	348.70	58.70	7.482	439.2
3	26	8.03	1.32	47.90	7.36	352.50	59.00	7.485	441.6
3	27	8.03	1.34	47.60	7.40	352.10	58.70	7.486	439.4
3	28	8.03	1.33	47.60	7.40	352.10	58.82	7.475	439.7
3	29	8.03	1.32	47.20	7.37	347.70	58.72	7.480	439.2
3	30	8.03	1.33	47.50	7.37	350.10	58.98	7.479	441.1
3	31	8.03	1.36	47.60	7.40	352.30	58.67	7.464	437.9
3	32	8.03	1.38	47.60	7.41	352.50	58.82	7.503	441.3
3	33	8.03	1.36	47.60	7.41	352.50	58.88	7.510	442.2
3	34	8.03	1.36	47.30	7.33	346.60	58.95	7.501	442.2
3	35	8.03	1.33	47.30	7.36	348.20	58.79	7.476	439.5
3	36	8.03	1.33	47.50	7.38	350.50	59.01	7.492	442.1
4	37	8.04	1.33	46.63	7.38	343.91	58.73	7.466	438.4
4	38	8.04	1.32	48.10	7.41	356.52	58.63	7.459	437.3
4	39	8.04	1.36	47.27	7.41	350.29	58.92	7.498	441.8
4	40	8.04	1.36	48.29	7.40	357.36	58.86	7.485	440.5
4	41	8.04	1.37	49.17	7.43	365.26	58.64	7.471	438.1
4	42	8.04	1.36	47.63	7.42	353.32	58.60	7.498	439.4
4	43	8.03	1.31	50.32	7.45	374.67	59.00	7.497	442.3
4	44	8.03	1.33	48.80	7.38	360.18	58.80	7.476	439.6
4	45	8.03	1.35	49.00	7.39	361.89	58.95	7.459	439.7
4	46	8.03	1.33	50.40	7.42	373.76	58.86	7.483	440.5
4	47	8.03	1.33	50.02	7.44	372.01	59.25	7.494	444.0
4	48	8.03	1.33	48.35	7.42	358.82	58.93	7.475	440.5

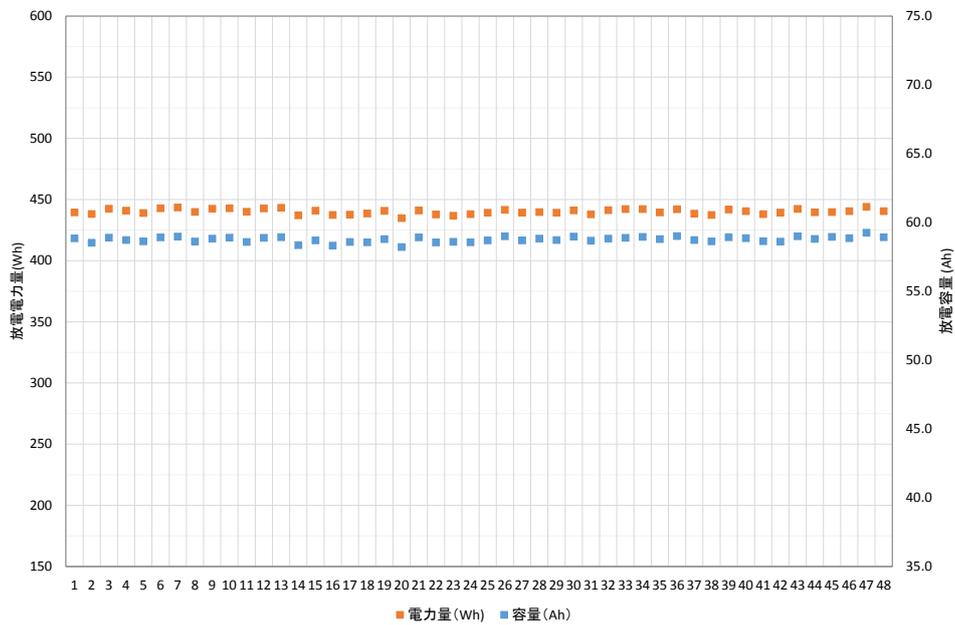


図 3.5.3 2号車 放電容量と放電電力量 (2nd DCH)

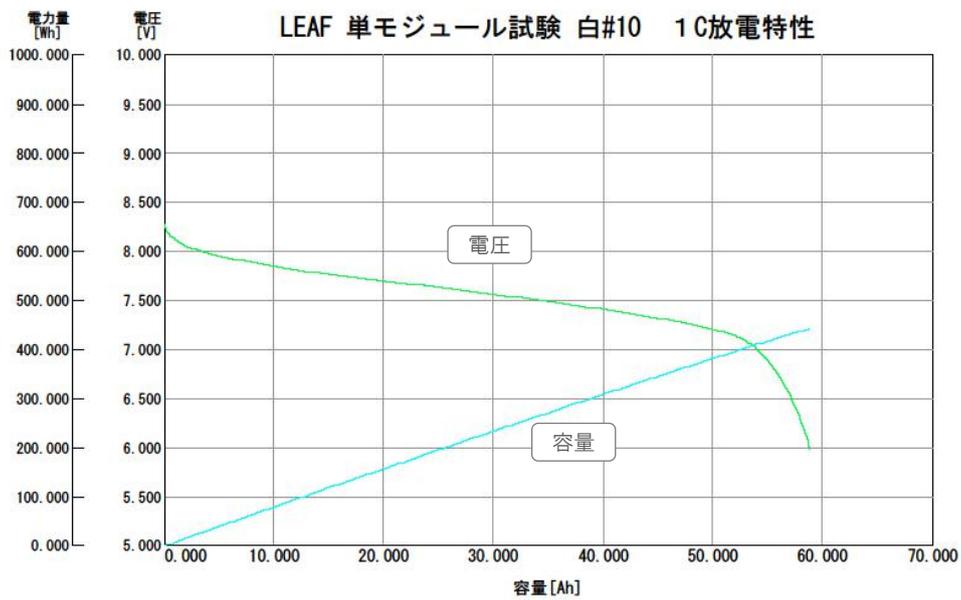


図 3.5.4 LEAF 単モジュール試験 白#1 1C 放電特性

### 【試験で得られた結果】

- a. 2号車は1号車に比べて走行距離も短いこともあり静特性（OCV、IR）に大きな差は見られなかった。
- b. 2号車の試験に関しては、1号車では全数で確認できなかった初回充電での電気量のバラツキが放電容量のバラツキに繋がっており、充電をしっかりと入れてグレーディングすることが必要であることを確認するために、1号車と同様の充電試験に加えて全てのモジュール単位で個別に放電能力確認を行った。その結果1回目の値（表中1st 補充電後）と2回目の値（表中2nd）で、放電電力量の平均値は363.0 Wh から440.1 Wh に増加し、その標準偏差値（バラツキ度合い）も9.80 から2.03 に減少した。
- c. 2号車の放電性能は充分充電した場合の放電容量は初期の少なくとも93%はあると考えられる。（ $= 440 \text{ Wh} \div 475 \text{ Wh}$ ）
- d. 2号車のグレーディングとしては、新品に近く、Aグレードとした。
- e. 2号車の結果をからみると、1号車同様に交換を要するような低下したものは見当たらず、本来であればこのまま再構成して使用できるレベルにあるものと思われる。

### 3.5.3 評価試験結果：3号車（中期型、走行距離：1,583 km）

3号車も走行距離が浅く入手時の各モジュールの静特性（OCV、IR）にバラツキが無いこともあり、パック内に有意差のある低下したものが含まれているとは考えにくい。そのため、表 3.2.5 に記したように、試験としては評価時間の短縮と新たな試みを合わせて、1号車および2号車でやってきた最初の充電をやめ、個々のモジュールの評価を主体に行った。また最終的に事業の目的の一つでもある複数車体からのモジュールの組みあわせを評価するために3号車の半数（#25～#48）のモジュールを評価し2号車の半数（#1～#24）と組み合わせることとした。

試験で得られた結果を表 3.5.3 および図 3.5.5 に記す。また、モジュール#30の放電データを典型的なものとして図 3.5.6 に記す。

表 3.5.3 3号車 LiB モジュール性能一覧表

Part No.	CELL #	INT.		65A to 6V 放電 Int.DCH			65A to 6V 放電 2nd DCH		
		OCV	IR	容量(Ah)	放電平均電圧	電力量 (Wh)	容量(Ah)	放電平均電圧	電力量 (Wh)
3	25	8.01	1.52	40.96	7.236	296.4	56.83	7.457	423.8
3	26	8.01	1.49	41.19	7.272	299.5	56.80	7.449	423.1
3	27	8.02	1.51	41.04	7.204	295.6	56.65	7.440	421.5
3	28	8.02	1.53	41.42	7.265	300.9	56.84	7.452	423.6
3	29	8.01	1.53	40.96	7.247	296.8	56.61	7.437	421.0
3	30	8.02	1.53	41.09	7.221	296.8	56.68	7.442	421.8
3	31	8.02	1.51	41.12	7.318	300.9	56.88	7.466	424.6
3	32	8.02	1.50	41.46	7.319	303.4	56.82	7.465	424.2
3	33	8.01	1.52	40.83	7.245	295.8	56.60	7.469	422.7
3	34	8.01	1.51	40.80	7.288	297.4	56.57	7.475	422.8
3	35	8.02	1.49	40.73	7.190	292.8	56.31	7.435	418.6
3	36	8.02	1.50	41.41	7.295	302.1	56.81	7.465	424.1
4	37	8.02	1.51	41.29	7.254	299.5	56.65	7.452	422.1
4	38	8.02	1.51	41.02	7.234	296.8	56.50	7.456	421.3
4	39	8.02	1.52	41.27	7.324	302.3	56.85	7.486	425.6
4	40	8.01	1.53	41.07	7.285	299.2	56.85	7.464	424.3
4	41	8.02	1.51	40.98	7.215	295.7	56.24	7.448	418.9
4	42	8.02	1.50	41.52	7.316	303.8	56.92	7.482	425.9
4	43	8.02	1.54	41.61	7.326	304.8	57.03	7.467	425.8
4	44	8.02	1.52	41.28	7.225	298.3	56.69	7.447	422.1
4	45	8.02	1.52	41.32	7.275	300.6	56.97	7.473	425.8
4	46	8.01	1.52	41.26	7.298	301.1	56.95	7.463	425.0
4	47	8.02	1.51	41.23	7.219	297.7	56.56	7.463	422.1
4	48	8.02	1.52	41.58	7.289	303.1	56.97	7.485	426.5

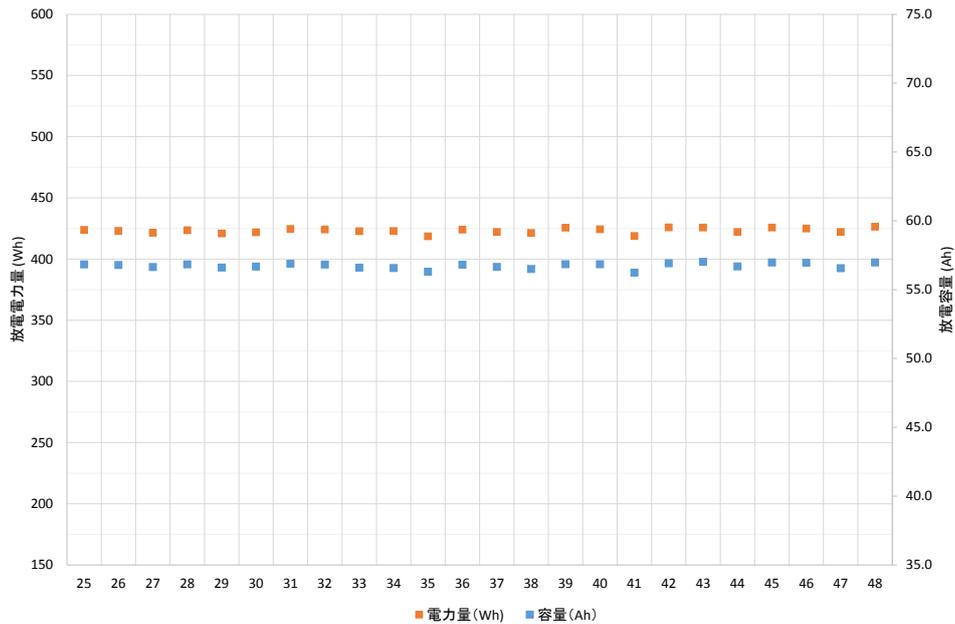


図 3.5.5 3号車 放電容量と放電電力量 (2nd DCH)

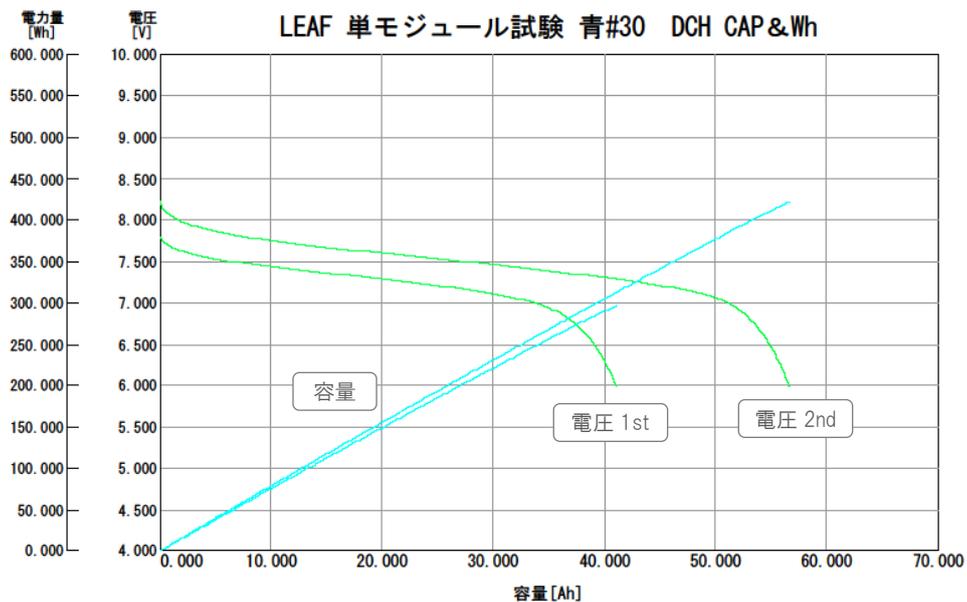


図 3.5.6 LEAF 単モジュール試験 青#30 DCH CAP&Wh

**[試験で得られた結果]**

- a. 3号車の放電能力は初期に対しておよそ89%となった (= 423 Wh ÷ 475 Wh)。2号車の93%に対して89%と僅かながら蓄電容量の低下が進んでいると見られる。
- b. グレーディングに関しては423 WhのAグレードとなり、2号車と同グレードとして組みあわせを行った。

### 3.5.4 充放電試験装置と車両故障診断装置 CONSULT との関係

一般市場においては日産の車両故障診断装置 CONSULT を用いてディーラーが蓄電容量の低下度合いの測定や、LiB パック内の異常モジュールの特定を行っている。この CONSULT がどのようなアルゴリズムで評価を行っているかは明らかでないため、これ迄は LiB パックの蓄電容量の低下度合いに関してはモジュール単位での充電・放電によって評価を行ってきた。

本検証では、故障診断装置 CONSULT で得られたデータと「3.5 LiB の容量測定」のデータの比較を行ってみた。

CONSULT で得られるデータは以下の各項目である。

- 走行距離
- LiB パック残量 (%)
- LiB パック残量 (Wh)
- 充電回数 急速 及び 普通
- 充電時間 急速 及び 普通
- セル (モジュール内 2 並列分) の電圧

1 号車から 3 号車の CONSULT データとそこから計算される蓄電容量低下の進み具合 (パック残量率計算値 : D) を表 3.5.4 に記す。

表 3.5.4 1～3 号車の LiB パック残量率計算値

		1 号車	2 号車	3 号車
走行距離 (km)		92,337	2,457	1,583
LiB パック残量 (%) : A		61.0	73.4	73.0
LiB パック残量 (Wh) : B		10,800	16,160	15,520
LiB パック残量計算値 (KWh) : C=B/A		17.70	22.02	21.26
LiB パック残量率計算値 (%) : D=C/24KWh		74	92	89
充電回数 (回)	急速	272	100	62
	普通	4,151	19	16
充電時間 (hrs.)	急速	120	132	141
	普通	6,211	37	32

今回の評価試験より得られたデータと上記 CONSULT データによる LiB パック残量率の比較を表 3.5.5 に記す。

表 3.5.5 故障診断装置 CONSULT と充放電試験装置の測定値の比較

	CONSULT 測定値	充放電試験装置 測定値
1 号車	74%	81%
2 号車	92%	93%
3 号車	89%	89%

2号車3号車においてはCONSULTデータに対して大きな違いは無かったが、1号車については7%程の差となり、CONSULTデータの方で蓄電容量の低下が進んでいると表示された。

1号車に関してはモジュールでの電池評価を終えた後に再組立を行い、普通充電後にCONSULTデータを確認した。この時の残存率は76%とやや回復した値を示したが、モジュール別評価に対してまだ5%の差を示した。この差の要因は試験数の少なさによるバラツキなのか、CONSULTのアルゴリズムに基づくものかは現段階では不明であるが、今回の評価試験によって、CONSULTのデータを用いれば大まかな蓄電容量の低下度合いは判断できると考えられる。

以上の検討と考察より、この診断装置CONSULTの積極的に活用することで、LiBパックの特性や不具合を素早く的確に測定し、見つけ出すことが可能となるだけでなく、評価コストの低減効果も高まると思われる。

### 3.6 リユース EV 蓄電池 (LiB) の簡便な診断手順の提案

---

今回の日産リーフの LiB パックの容量評価を通して得られた知見から、グレーディングを行う際の診断法として以下の三つの方法を提案する。

**提案 1.** 車両故障診断装置 CONSULT 活用による方法

**提案 2.** 専用評価装置による方法

**提案 3.** V2H に放電測定機能追加する方法

提案 1 は日産の車両故障診断装置 CONSULT が活用できることが前提である。提案 2 に関しては車メーカー専用の車両診断装置が活用できない場合に有効である。

その詳細に関しても言及する。

### 3.6.1 提案 1 CONSULT 活用による診断手順

本提案のポイントは、日産のディーラーにある診断装置 CONSULT が活用（入手）できることである。理由としては、既に説明したように今回 CONSULT を活用することで大まかなグレーディングができる可能性があるということが判ったからである。

この本提案の手法は、CONSULT によって異常セル（モジュール）の特定や残容量の推定比較的容易にできるばかりか、それを行うための新たな評価機の開発、製造にかかるコストを低減できる可能性がある。今回は日産リーフとしての提案となり、他のメーカーの車種に関しては恐らく使用できない制約が一部にあると懸念されるため、その場合には各自動車メーカー専用の診断装置を活用することが推奨される。以下に、本提案の具体的な手順について説明する。

#### ■ 具体的な作業手順

- LiB パックを車載充電システム（CHAdeMO を利用した急速充電あるいは車載機器による普通充電）により完全充電する。
- 正常充電終了後 CONSULT を用いて LiB パック内の各セルの電圧および残容量を計測する。
- 得られた残容量に応じて容量グレードを決定しリユース用とする。
- b で LiB パックの異常により正常に充電出来なかったもの、あるいは正常に充電は出来るが CONSULT で異常を検出したものについては、CONSULT のデータをもとに異常モジュールを特定し、LiB パックを分解し正常な LiB モジュールと交換して再パックする。交換する際は LiB モジュールの電圧を揃える必要があるため電圧調整用の小型充放電装置が必要となる。

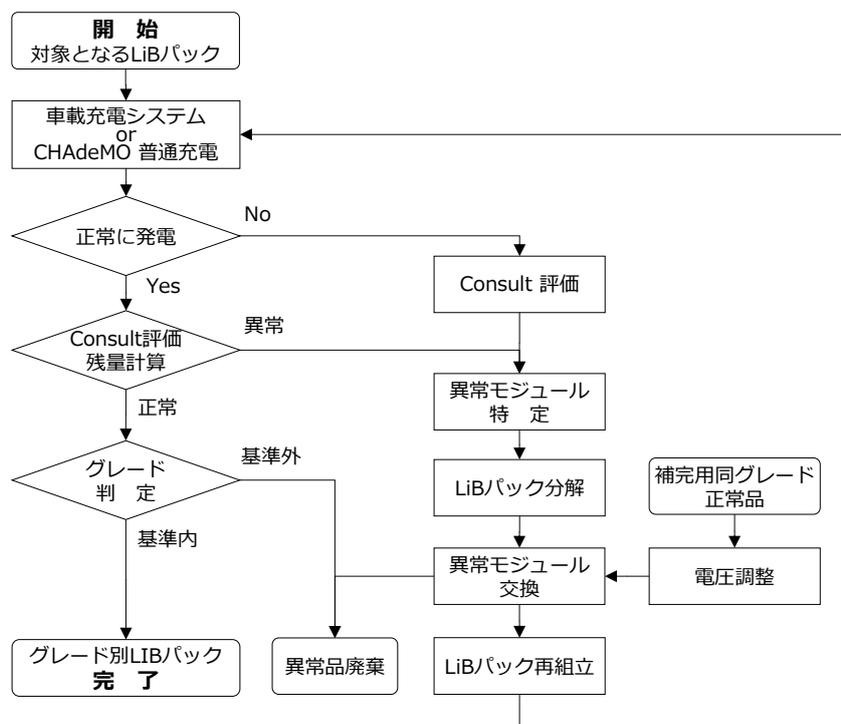


図 3.6.1 CONSULT 活用による診断手順

### 3.6.2 提案 2 専用評価装置による診断手順

2 番目の提案は車両故障診断装置 CONSULT の活用が困難な場合で、独自の専用評価装置で行うケースとなる。今回用いた充放電評価装置は、今回の実証試験を行うにはその能力に制限があったため、LiB パックを 4 つのパートに分解しての評価や、個々の LiB モジュールでの評価を行うことで対応した。これに対して、処理能力を上げた独自の専用評価装置を活用することにより効率的な評価が可能となる同時に、様々な仕様の LiB に対しても汎用的に使用することが可能となる。

#### ■ 具体的な作業手順

- LiB パック内の個々のセル (モジュール) 電圧を専用評価装置で測定し、異常なものがあるかどうか検査する。
- 異常が無ければ専用評価装置で LiB パックをフル充電する。
- フル充電した LiB パックを放電しその時の放電電力量を測定しグレードを決定、リユース用とする。
- a で異常があった LiB モジュールは LiB パックを分解し異常モジュールを取り外し、その部分を飛ばし配線して専用評価装置でフル充電する。充電後放電電力量を測定しグレードを決定する。
- d でグレーディングしたものに、不足分の同等グレードの LiB モジュールを補完して LiB パック構成を行う。

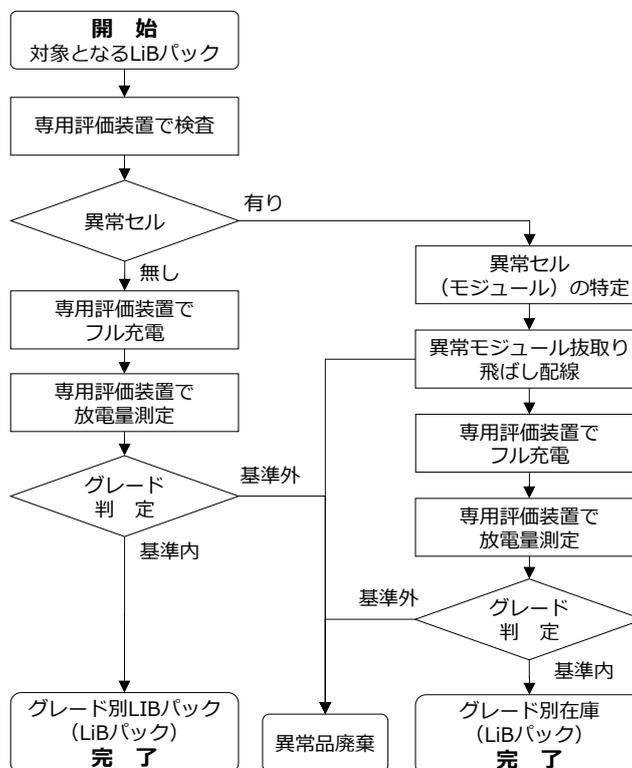


図 3.6.2 専用評価装置による診断手順

LiB パック評価用の機器に関して言えば、LiB パックはそれ自体が大きな電気容量、電力（24kWh）を持ち構成モジュール数も 48 モジュールと多いため、本来効率的に評価作業を進めるには評価機器そのものの大型化が望ましい。

しかし、今回に限っては、時間的、且つ、予算的な制約もあり単チャンネルの充放電評価装置を使用して評価を行った。その中で、様々な課題も認められたため、モジュール別評価によるグレーディングは安全面や設備面でのコスト的な課題が残ったためそれらも考慮して評価仕様とした。専用評価装置の仕様概要（案）を下に記す。

表 3.6.1 専用評価装置仕様概要（案）

	方式	電圧	電流
充電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定電流電圧</li> <li>・ 垂下電流制御</li> <li>・ 各セル（モジュール）異常電圧制御</li> <li>・ タイマー制御</li> </ul>	0～500 V	0～50 A
放電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定電流放電（定電力放電）</li> <li>・ 終止電圧制御</li> <li>・ 各セル（モジュール）異常電圧制御</li> <li>・ タイマー制御</li> </ul>	0～500 V	0～100 A
モニター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パック電圧</li> <li>・ 充放電電流</li> <li>・ 各セル（モジュール）電圧</li> </ul>	***	***

充電および放電時に各セルの電圧をモニターし、設定した異常値に一定時間なったことを検知して異常通知し充電および放電を停止する。

### 3.6.3 提案3 専用評価装置による診断手順

3番目の提案は、V2Hに放電測定機能を追加する方法となる。

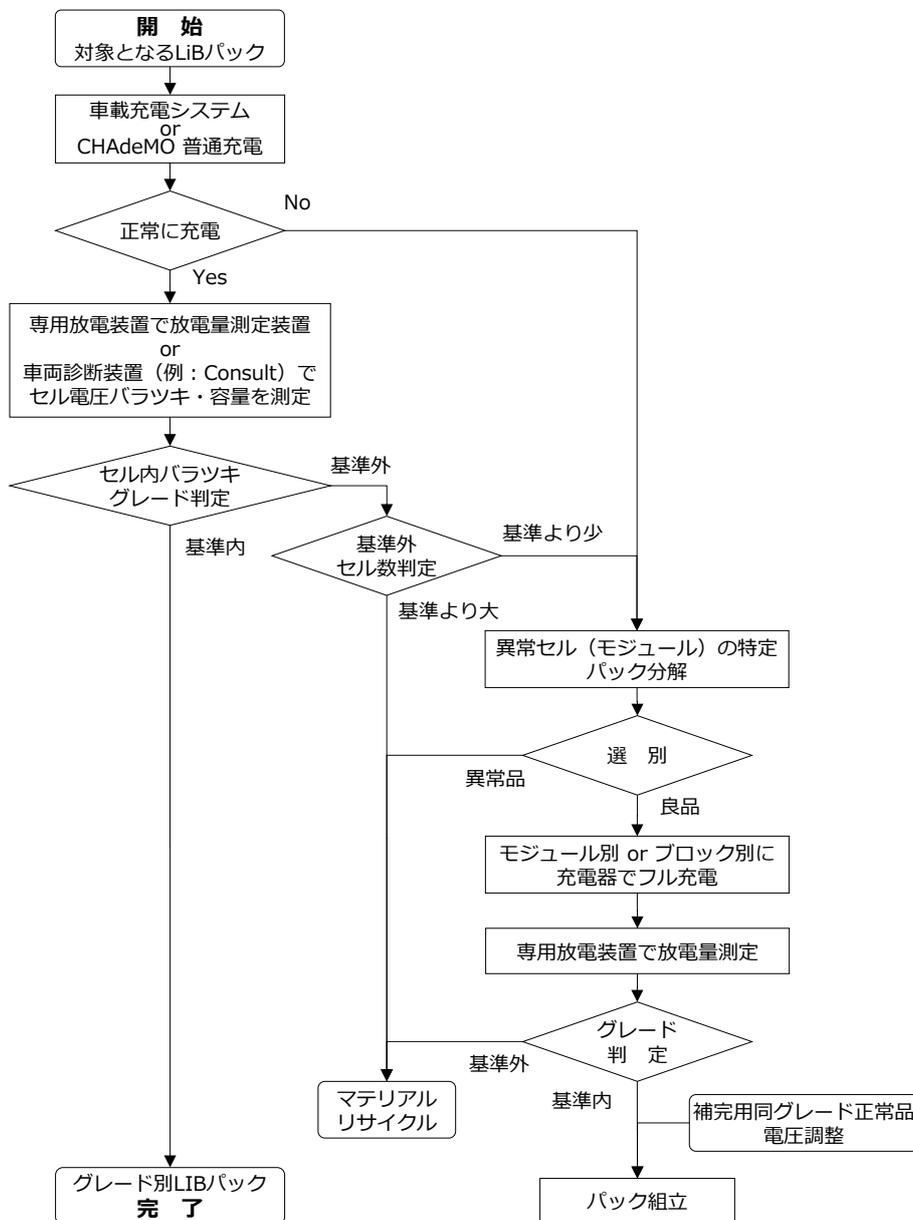


図 3.6.3 専用評価装置による診断手順

図 3.6.4 は、本提案手法による LiB モジュール放電電圧特性を示したものである。この提案は、一定時間放電した時点のモジュール電圧値の評価により各グレードを判定する手法となる。

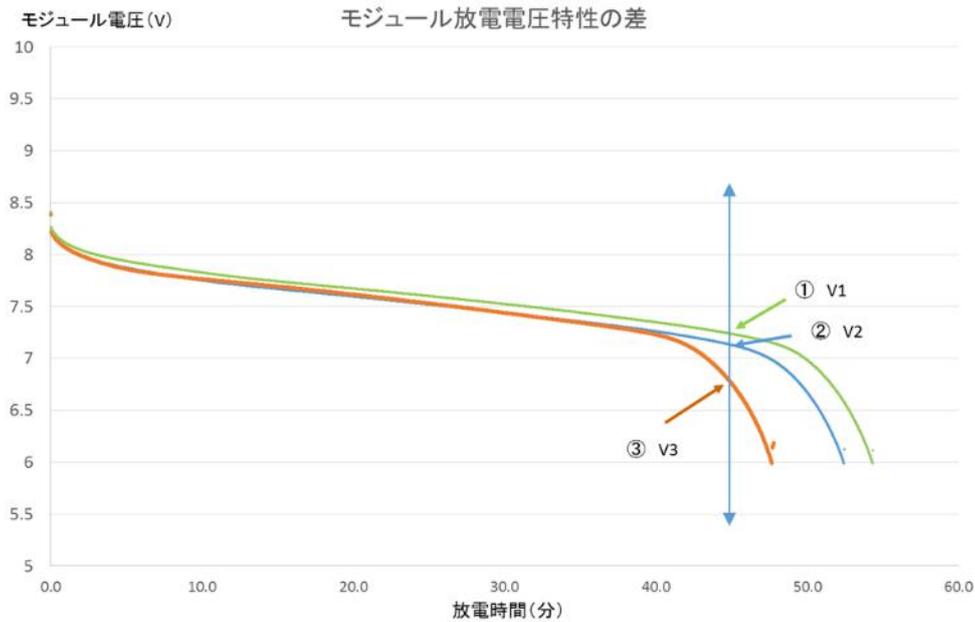


図 3.6.4 提案 3.による放電電圧特性による判定方法

今回のグレーディング作業において、走行が進んでいる EV の LiB パック内のそれぞれのモジュールがどのような特性を示すのかを確認するために、モジュール単位まで分解をして個別の測定を行った。

安全面からみると、EV の LiB パックは 48 モジュールで構成されており、総電圧は充電時には直流 400 V に達する。モジュールパートに分解時でも 200 V (24 モジュール分)、100 V (12 モジュール分) といずれも非常に高電圧となるため作業者は教育を受け専門的な知識を持つ必要がある。

モジュール評価用の機器に関して言えば、EV パックはそれ自体が大きな電気容量、電力 (23 kWh) を持ち構成モジュール数も多い (48 モジュール) ため、本来効率的に評価作業を進めるには評価機器そのものの大型化が望ましいが、時間的、予算的な制約の中で単チャンネルの充放電評価装置 (HSIM-A01) を使用して評価を行った。その中で様々な課題も認められた。

言い換えれば、モジュール別評価によるグレーディングは安全面や設備面でのコスト的な課題が残ったためそれらも考慮して評価した。

単チャンネルの充放電評価装置 (HSIM-A01) の仕様を表 3.6.2 に記す。

表 3.6.2 単チャネルの充放電評価装置 (HSIM-A01) の仕様

区 分	方 式	電 圧	電 流	(電力)
充電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定電流電圧</li> <li>・ 垂下電流制御</li> <li>・ タイマー制御</li> </ul>	0~100 V	50 A	***
放電	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定電流 (定電力)</li> <li>・ 終止電圧制御</li> <li>・ タイマー制御</li> </ul>	0~100 V	100 A	(5 KW)
モニタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電池電圧</li> <li>・ 充放電電流</li> </ul>	***	***	***
チャンネル数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 CH</li> </ul>	***	***	***

### 3.6.4 グレーディング作業にまつわる安全性

最後にグレーディング作業にまつわる安全性について述べる。

EV 用 LiB パックは多くのセルを直列に連結しているため直流高電圧となっている。取扱を間違えば人命に関わる感電事故、短絡によるやけど、火災等の危険性があり、専用の取扱い工具、絶縁手袋などの装備はもとより取扱者には十分な教育と知識が必要となる。

グレーディングにおいては LiB パックの分解やモジュールの組み替えや充放電にともなう配線作業も有り、メーカーのパック取扱手順書なども含めて慎重に取り扱う事が重要となる。

## 第 4 章 PV に関する手法の検証

### リユース品使用における品質の確保

- リユース太陽電池モジュール（PV）の簡易な選別分類手法の確立
  - リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム化の確立
  - リユース太陽電池モジュール（PV）のリカバリー手法の確立
- 

第 4 章では、発電性能が低下し交換・廃棄された PV モジュールに対しそのリユースのための簡易な選別手法及びシステム化、また、発電能力が低下した PV モジュールのリカバリー（発電力の回復）手法について、前述の第 3 章と同様にリユース品使用における品質の確保の面から検証した結果を報告する。

## 4.1 本検証の検査対象 PV モジュールと作業工程

---

### 4.1.1 検査対象 PV モジュール

FIT 制度が終了し始める 2030 年頃から使用済み PV モジュールが大量排出されることが予想され問題視されている。

しかし、実態としては、ここ近年における地球温暖化等の要因と思われる異常気象や自然災害により発生する廃棄モジュールの数量が増大してきている傾向にあることに加え、生産された年代、また使用された材料、更には採用された製造方式等々の要因によると思われる PV モジュールそのものの品質や発電性能の低下を引き起こした不具合モジュールも徐々に始めている。

しかも、一発電所において一部のモジュールに不具合が発覚した場合、その殆どのケースはストリングス単位での見極めとなっているのが現状である。また、特に住宅向けのケースでは、(不具合箇所特定の為のコストや何年も前に搭載したモジュールと同一の製品の確保や保管の困難さ等の理由から) 屋根に搭載した PV モジュールシステムとして使用された全モジュールの交換を行うのが通常となっている。結果、交換された使用済み PV モジュールの中には、リユース(再活用)可能なモジュールもある相当数含まれていることが予想される。

本検証で用いた PV モジュールは、住宅向けの太陽光発電システムにおいて実際に何年か使用され、その後、発電モニタリングや定期検査等で一部不具合が生じていることが確認されたために返品、もしくは回収されたモジュール群の中から提供された 251 枚を対象とした。

その 251 枚の中には、当然のこととして、製品として一部損傷があるものや接続不良や断線等の要因で全く使用できない(又は、発電しない) NG 品や程度の差はあるものの発電能力が余り低下していない(新品に近い)ものから多少したのものまで含まれていた。

表 4.1.1 検査対象 PV モジュール

対象 PV モジュール	251 枚
-------------	-------

#### 4.1.2 本検証の作業工程

本検証で実施した作業は、選別分類工程とシステム化工程、リカバリー工程に大別される。その工程について表 4.1.2 及び図 4.1.1 に記す

表 4.1.2 PV モジュールの選別分類工程とシステム化工程、リカバリー工程

選別分類工程	システム化工程	リカバリー工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 外観検査</li> <li>工程 2 断線検査</li> <li>工程 3 STCシミュレーション (IV特性検査)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 4 システム化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 リカバリー処理</li> </ul>

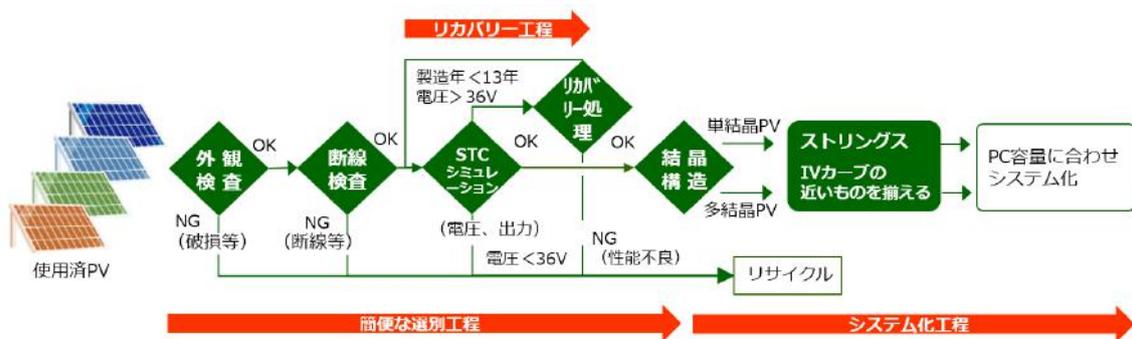


図 4.1.1 PV モジュールの選別分類工程とシステム化工程、リカバリー工程

## 4.2 リユース太陽電池モジュール（PV）の簡易な選別分類手法

本検証では、このような使用済み PV モジュールのうちからリユース可能な PV モジュールを簡便かつコストをかけずに選別分類していくかに力点を置き、高価なソーラーシミュレーターを用いず、市販されている IV チェッカーの有効性の検証を行った。

### 4.2.1 作業工程

本検証で実施した作業は、選別分類工程とシステム化工程、リカバリー工程に大別される。その工程について表 4.2.1 及び図 4.2.1 に記す

表 4.2.1 LiB の選別分類工程とシステム化工程、リビルト工程

選別分類工程	システム化工程	リカバリー工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 外観検査</li> <li>工程 2 断線検査</li> <li>工程 3 STC シミュレーション (IV 特性検査)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 4 システム化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 リカバリー処理</li> </ul>



図 4.2.1 リユース太陽電池モジュール（PV）の簡易な選別工程

## 4.2.2 工程1 外観検査

### 1) 検査目的

PV モジュールの性能診断において、一番時間とコストのかからない外観をチェックすることでモジュールの性能診断コストを大幅に削減する。この工程で、まずはリサイクル品とすべきものとそうでないもの、つまりリユース可能なモノに選別する。

### 2) 検査内容

検査でチェックすべき項目は、以下の通りである。

- ガラス破損の有無
- フレーム変形の有無
- ジャンクションボックス（JBX）に関しては、正常な取付け位置への確認やカバーの有無、及び破損等の有無
- 配線の有無、破損等
- コネクターの有無、変形等
- その他の変形やサビ等の確認

### 3) 検査結果

検査の結果、251 枚中 34 枚が破損品もしくは外観検査不合格となった。なお、本検査を実施した検査場所と実施された期間は、以下の通りである。

検査期間：2017 年 7 月 5 日～8 日の 4 日間（1 日は予備日）



写真 4.2.1 外観検査不合格となった PV モジュール  
(表面に無数のひび割れあり)

### 4) 検査時のポイント

極めてベーシックなチェックではあるが、ここで可能な限りリユース可能なものだけを選別することは、その後の診断や選別のための工数やコストを低減する上で重要である。従って、比較的 PV モジュール診断の経験豊富な担当者が行うことが有効である。

もう一つのポイントは、サイクル品とリユース可能品とに分類するこの外観検査は上流（前工程の選別）であればある程、その後の輸送コストを大きく低減できるため、発生したサイト（場所）にて行うようにした方がより経済的であると言える。

## 4.2.3 工程 2 断線検査

### 1) 検査目的

断線検査は、今回検証した「リユース太陽電池モジュール（PV）の簡易な選別分類手法」において以下の点から、選別分類作業の効率を高める手段として位置づけている。

実施場所：PV モジュールの排出現場

実施状況：PV モジュールが設置された状態下

実施目的：ストリングス内の故障 PV モジュールの有無と位置特定

（断線検査の使用機器と特徴）

使用機器：DC Fault Tester（DCFT）で以下内容を検査が可能である。

検査内容：断線検知、開放電圧、直流抵抗、絶縁、地絡抵抗、BPD 検査

特徴：故障が発生した場合、従来は複数の計測器を現場に持ち込み、現象に合わせて断線検知、開放電圧、直流抵抗など発電低下停止リスクに関するチェックを行う必要があった。しかし、DCFT を活用することで 4 つの測定機能をこれ 1 台で行うことを可能である。従来は太陽光発電システムの回路ごとの測定を行い、故障の有無を判定してから、モジュールを個別にチェックし位置特定を行っていた。今回はこの DCFT に盛り込まれた独自の AISET™ 技術により、故障の有無と位置特定を接続箱単位で一度に行う事が可能になり作業時間を大幅に削減することができる。

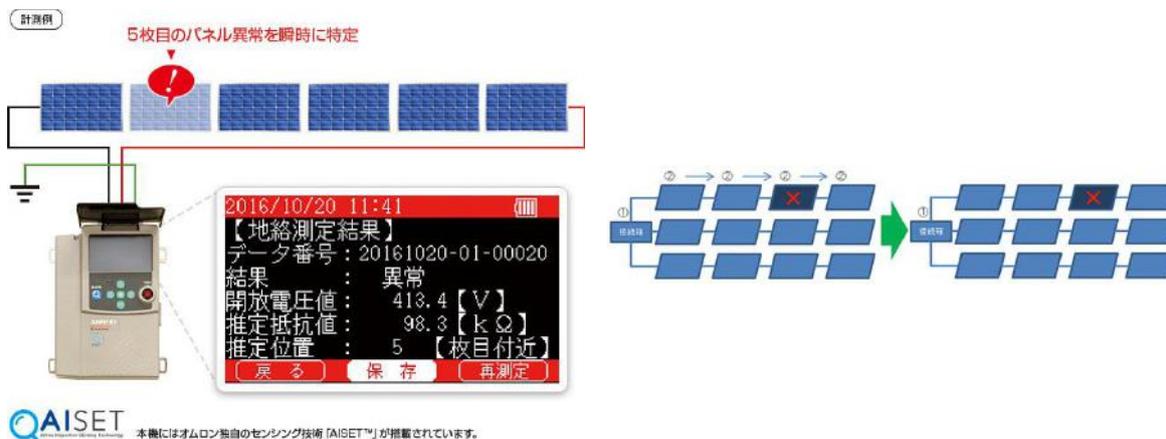


図 4.2.2 OMRON DC Fault Tester (DCFT)

### 2) 検査の実施と結果

今回の検査では PV モジュールが設置された状態で、後述する PID 試験の前検査として No8 及び No9 のストリングスに対して断線検査を行った。検査の結果を表 4.2.2 に記す。

表 4.2.2 断線検査の結果

検査対象	検査結果
No8 ストリングス	異常箇所無し
No9 ストリングス	ストリングス中の 1,2 の PV モジュールにおいて異常（断線）を示すメッセージ有り

No9 スtringsにおいては、異常信号（断線）が検出されたにも関わらず、出力（電圧）があり、調査の結果、以下の事柄が判明した。

本実証事業では多種多様な仕様のリユース品を用いる試みから、No9 Stringsは、出力（W 数）が異なる PV モジュールでStringsを形成していた。このことを原因とする異常信号であり、結果、複合体で形成される PV Stringsには原理上、DC Fault Tester (DCFT) が使用できないことが判明した。

#### 4.2.4 工程 3 IV 特性測定検査

##### 1) 検査目的

太陽光発電システムの動作確認は、一般に PV モジュールもしくは系統（Stringsの開放電圧（電流が流れていない状態）を測定するが、より正確な性能（発電効率の確認）チェックのためには実際と同様に電流を流さないと実現できない。そこで本検査では、モジュールを動作状態にして、電流値と電圧値の変化を測定し、専用ソフトで解析して作成する IV 特性をチェックすることで、より確かなリユース品の選別を行う。

##### 2) 検査内容

短絡電流（Isc）, 開放電圧（Voc）, 最大出力（Pmax）等を含む性能を示す最も重要項目を測定する。図 4.2.3 にその実際に測定した各パラメーターを記す。

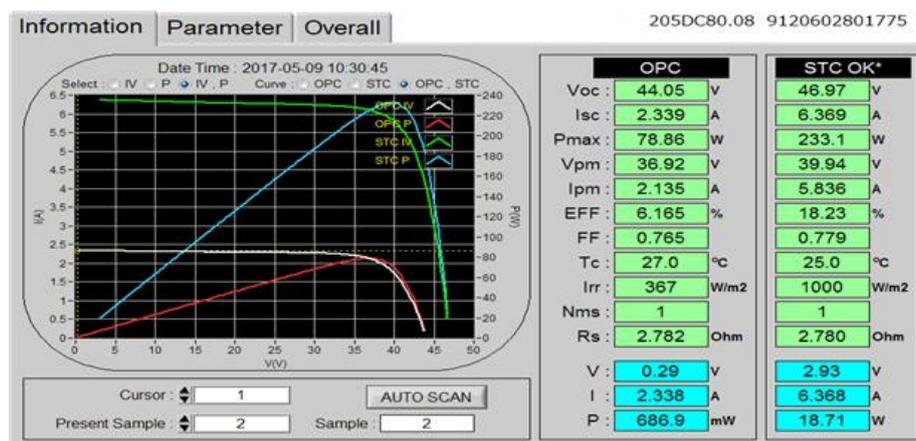


図 4.2.3 IV 特性の実際の測定結果のイメージ図

##### 3) 検査のポイント

今回使用した IV チェッカーは、簡便で、目撃持ち運びが容易なため、現場での測定が可能なが大きな特長である。特に、屋根の上に設置されている PV モジュールの測定には有効である。更に、相互の配線を脱着するのは容易ではないことから IV チェッカーを用い、各ストリン

グの電流-電圧特性曲線を測定する場合にも有効である。但し、簡便な検査方法ではあるが、天候等の日射条件や状況に左右され易く、より安定な性能評価には適切ではないと言えるかも知れない。

しかしながら、今回の実証事業の課題にもなっている安価なシステムの構築とその実現という観点から、リユース品としての再活用の可能性を如何に簡便で且つ、低コストで見極めるかという手段としては最良ではないが、大きな問題は生じないという判断をした。以下に、実際に行った簡便な IV 特性の測定様子を記す。

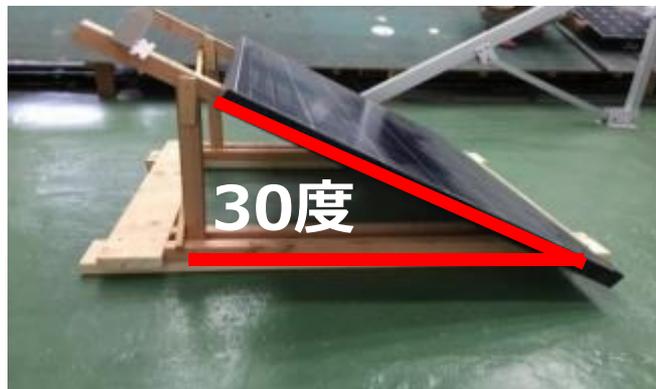


写真 4.2.2 I-V チェッカーを用いた PV モジュール検査用の検査台

#### 4) 測定前の事前準備

PV モジュール毎に下記パラメーターを入力し、登録する。

表 4.2.3 PV モジュール測定時の登録パラメーター

パラメーター		パラメーター	
Module	太陽電池名称	Ipm	公称最大動作電流
Pmax	公称最大出力	Area	面積
Voc	公称開放電圧	Alpha	温度計数 Isc (%/℃)
Isc	公称短絡電流	Beta	温度計数 Voc (%/℃)
Vpm	公称最大動作電圧	Gamma	温度計数 Pmax (%/℃)

#### 5) 実際の測定

- 手順1 陽当たりの良い場所に木製検査台を設置し PV モジュールを載せる。(2名)
- 手順2 製造番号を控え、後工程で想定したデータを記入する。(1名)
- 手順3 検査台角度は 30 度に設定する。
- 手順4 パネル面の汚れを拭く。(1名)

- 手順5 各モジュールのパラメーターを合わせたのち計測ボタンを押す。計測時間 30 秒(1名)  
 手順6 実日射量に基づき表 4.2.4 のパラメーターを測定する。

表 4.2.4 測定パラメーター

測定パラメーター		測定パラメーター	
Voc	開放電圧	EFF	ソーラーパネルの効率
Isc	短絡電流	FF	曲線因子 (Fill Factor)
Pmax	ソーラーシステムの最大パワー	Tc	温度
Vpm	Pmax での最大電圧	Irr	放射照度
Ipm	Pmax での最大電流	Rs	直列抵抗値

- 手順7 実データより標準テスト条件 (STC : 1,000 W/m<sup>2</sup>、25℃、AM 1.5 G スペクトル) に補正を行う。(補正は IV チェッカー内にて自動変換)

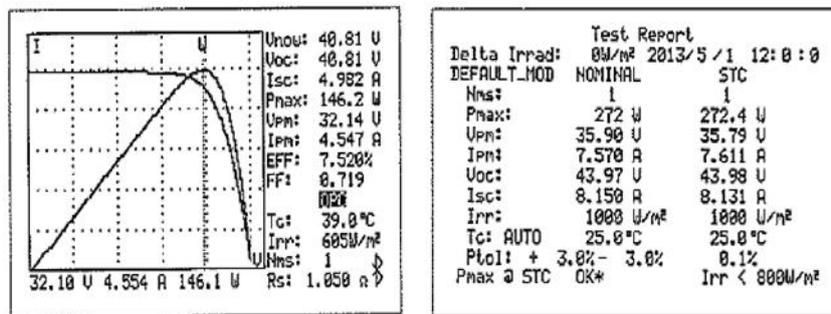


図 4.2.4 測定結果データのイメージ

## 6) 測定後のデータ処理

測定結果を PC へ抽出し一覧表にまとめる。

図 4.2.5 検査結果の一覧イメージ

## 7) 検査の結果

検査結果をもとに、今回の実証事業においてはどのランクまでの PV モジュールを採用していくかの検討を行った。

最終判断のポイントとしては、まず、破損品は議論の余地なく不合格品とした。

次に同じ発電性能が低下したものでも、低下が激しいものは、低コストの低炭素システムを目指すとは言え、時間軸での（=20 年間に於いてある程度の性能維持を考慮した場合に、使用済みモジュールとして排出されるまでの経過年数を 20 年から差し引いた残りの年数における）コストも考慮してリユース品として採用しない判断を行った。通常はリユース品の一つの基準としては、補正後の出力が 81%以上、つまり、A ランクを採用している。今回は実証事業ということと、また上記の論点から、閾値を STC 出力比 50%以上の D ランクまでを実証に採用することとして、ランク分けを行った。

今回定義したランキングでは、D ランク以上を実証事業に採用したということになり、結果として採用した PV モジュールの枚数は、全体の 251 枚から、E ランク 5 枚、F ランク 10 枚、そして破損品の（ランクとしては H ランクと定義）34 枚のトータル 49 枚を差し引いた 202 枚となった。（リユース率 80.5%）

尚、事業化する場合は、要求の発電量と設置スペースの制限から閾値を選定することになる。

**(補足)** 太陽電池モジュールの定格出力は日射量 1,000 W/m<sup>2</sup> 下で、且つ温度 25℃で計測している。測定時の日射量と温度を基準値に比較して測定値を変換することを「STC 変換」といい、結果として、測定時の環境状態に左右されることなく PV モジュールの発電性能を測定することを可能にしている。

検査結果に関して以下の表 4.2.5 に記す。この表では、工程 1 の外観検査で不合格となった 34 枚も含めた纏めになっている。

表 4.2.5 IV 特性測定検査とランキング分け結果

ランク	STC 出力比 STC Pmax/定格	選別結果	
		枚数	リユース率
A	81%～	124 枚	80.5%
B	70.0%～80.9%	43 枚	
C	60.0%～69.9%	21 枚	
D	50.0%～59.9%	14 枚	
E	40.0%～49.9%	5 枚	***
F	0.0%～39.9%	10 枚	***
H	破 損	34 枚	***
計		251 枚	100.0%

検証の結果、リユース可否の判断を簡単な治具に太陽光パネルを固定し現場で簡便に評価できること、不良パネルが予め選別できるため輸送するムダが削減できることから、IV チェッカ

ーを利用することが有効であることが確認された。今回の検証では曇りの日が多かったため、判別精度については今後の確認する課題が残されている。PV モジュールの正確な性能を評価する場合、一般的にはソーラーシミュレーターを用いられている。しかし、ソーラーシミュレーターは高額機器であり、また測定専用の部屋を必要とするため、大量の検査や PV モジュール輸送の面から現実的でない面がある。それゆえ今回は市販の IV チェッカーを用い PV モジュールの簡易な検査を試みた。IV チェッカーとソーラーシミュレーターの比較を以下に記す。

表 4.2.6 IV チェッカーとソーラーシミュレーターの比較

	IV チェッカー	ソーラーシミュレーター
設備投資	25 万円	2,500 万円
環境	太陽光下	専用測定室内
照度	10 W/m <sup>2</sup> 以上 (高精度：800 W/m <sup>2</sup> 以上)	1,000 W/m <sup>2</sup>

## 8) 使用した検査機器

### 断線検査

[メーカー] OMRON

[ 機 器 ] DC Fault Tester (DCFT)

[ 特 徴 ]

- ・ 4つの測定機能を1台に集約。主な故障モードに対し1台のみで対応可能
- ・ 独自技術により故障の有無と位置特定を接続箱単位で一度に行う事が可能
- ・ 断線検知、開放電圧、直流抵抗など発電低下停止リスクに関するものと、絶縁/地絡抵抗、BPD検査など火災・感電などの事故リスクに関するものを、同時に効率よくセンシングすることで太陽光発電の発電維持と安全性の確保



図 4.2.6 OMRON 製 DC Fault Tester (DCFT)

## IVカーブ特性検査

[ 機器 ] IVチェッカー PROVA101

[メーカー] SATOTECH

[ 特徴 ] 電流-電圧特性 (IVカーブ) を現場で測定可能。

- ・ソーラーパネル特性の自動スキャンの測定時間を大幅短縮
- ・ソーラーパネルの出力・特性・不具合をIV線でキャッチ
- ・最大100V、12Aの測定可/放射照度計、熱電対標準装備
- ・放射温度・パネル温度のサンプリング測定も可能/STC (パネル標準データ) との自動判定機能/大容量データ記録機能とサンプリング測定



図 4.2.7 SATOTECH 社  
IVチェッカーPROVA101

## 9) PVモジュールの選別分類コスト

表 4.2.7 及び表 4.2.8 に PVモジュールの選別分類に要した時間、コストを記す。

表 4.2.7 PVモジュール 250 枚の選別分類作業に要した時間・金額

作業内容等		所要時間・金額
作業時間	選別分類作業 (検査)	12.5 h
作業人件費	選別分類作業 (検査)	56,542 円
検査機器	機器代	25,829 円
計		82,371 円

表 4.2.8 PVモジュール 250 枚の選別分類作業コスト

	PV1枚あたり	1Wあたり
作業時間	3.0 分/枚	***
作業人件費	226 円/枚	0.9 円/W
検査機器費	103 円/枚	0.4 円/W
<b>選別・分類コスト</b>	<b>237 円/枚</b>	<b>1.3 円/W</b>

## 4.3 リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム化の確立

### 4.3.1 作業工程

検証したシステム化工程について表 4.3.1 及び図 4.3.1 に記す

表 4.3.1 リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム化工程

選別分類工程	システム化工程	リカバリー工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 1 外観検査</li> <li>工程 2 断線検査</li> <li>工程 3 STC シミュレーション (IV 特性検査)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 4 システム化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工程 5 リカバリー処理</li> </ul>

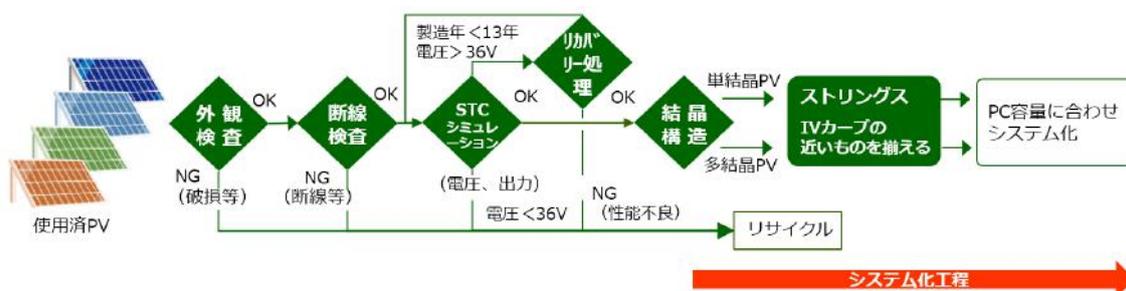


図 4.3.1 リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム化工程

### 4.3.2 工程 4 スtringsの形成

「工程 3 IV 特性測定」でランク分けされた PV モジュール 202 枚に対し表 4.3.2 の手順でストリングス形成を行った。ストリングス形成の結果を表 4.3.2 に記す。

なお、IV 特定測定で C,D ランクと評価された PV モジュール 35 枚をあえて No8,9 のストリングスに集め本実証試験を行った。

C、D ランク品のリユースは設置上のスペース効率が約 60%と低下するが、設置スペースに余裕があり安価に設置できるならば、C、D ランク品を導入することを推奨する。

表 4.3.2 スtringス形成の手順

Phase I	多結晶と単結晶の群に分けて、同じStringス内に混在させない。
Phase II	それぞれの群の中で PV モジュールの製品仕様の一つである出力ワット値の同じものがあれば、そのかたまりで同じStringスに分類する。
Phase III	製品仕様上で同じ出力ワット数のものを幾つかの群に分ける。
Phase IV	同じ群のものを STC Pmax 順に並べてStringスを構成していく。その際に PCS 容量を超えない範囲内に留める。
Phase V	各Stringスにぶら下がる PV モジュールの数量でのバランスも考慮して最終的なStringス構成とする。
Phase VI	今回の実証用として、負荷に応じ単相と三相にも分ける。

表 4.3.3 Stringス構成（単相・三相）の結果

種別	PCS容量 (W)	定格出力 (W)	STC出力 (W)	PVモジュール 枚数	PVモジュールランキング内訳 (枚数)				
					A	B	C	D	
単相	PCS1	5,500	4,920	4,955	24	24	0	0	0
	PCS2	5,500	1,640	1,294	8	3	5	0	0
	PCS3	5,500	4,650	5,121	15	5	10	0	0
	PCS4	5,500	2,310	2,153	11	8	3	0	0
	PCS5	5,500	3,120	3,450	12	11	1	0	0
	PCS6	5,500	3,120	2,390	12	0	12	0	0
	PCS7	5,500	3,475	3,230	13	1	12	0	0
	PCS8	5,500	3,640	2,436	13	0	0	12	1
	PCS9	5,500	4,560	2,727	22	0	0	9	13
	計	49,500	31,435	27,754	130	52	43	21	14
三相	PCS10	9,900	9,900	11,149	33	33	0	0	0
	PCS11	9,900	9,750	10,819	39	39	0	0	0
	計	19,800	19,650	21,969	72	72	0	0	0
PV総発電量	69,300	51,085	49,722	202	124	43	21	14	

## 4.4 リユース太陽電池モジュール（PV）のリカバリー手法の確立

### 4.4.1 PV モジュールのリカバリー

#### 1) PID 試験の概要

今回の実証事業において用いた PV モジュールには、住宅向けの太陽光発電システムにおいて実際に何年か使用され、その後、発電モニタリングや定期検査等で一部不具合が生じていることが確認されたために返品、もしくは回収されたものも存在していることもあり、その中に PID 現象により発電性能が低下しているものもあると推測される。

ランキング分けされたものの中から PID 対策が施された 2013 年生産以前のもの、かつ発電能力の低下が著しいと思われるものを対象に PID 現象の改善を試みる試験を試みた。

**(補足) PID : Potential Induced Degradation**

PV モジュール内における漏れ電流の発生や  $\text{Na}^+$  イオンの移動等の要因によりモジュールそのものの発電性能が低下することを言う。更に、一般には、長期暴露に伴う「環境要因による性能低下」とは明確に区別し、高電圧によって誘起される「電圧誘起による低下」の総称であるとされている。

なお、2013 年以降に生産された PV モジュールには PID 対策が施されている。

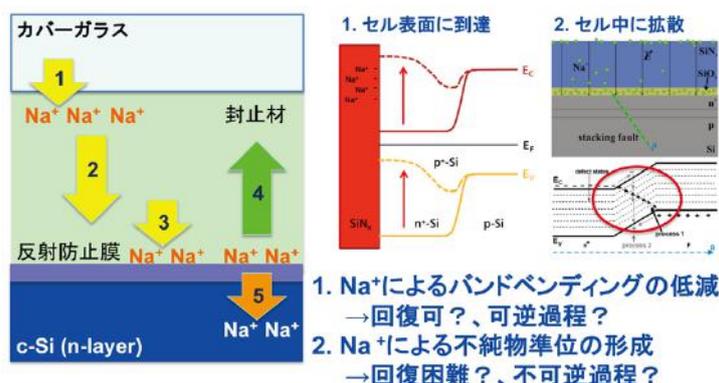


図 4.4.1 p 型結晶 Si 太陽電池モジュールの PID のメカニズム

出典： AIST 太陽光発電研究成果報告会 2016

「各種太陽電池モジュールの PID 現象と抑止法」（増田淳、他）より

#### 2) PID 減少と改善の目的

PID 発生原因としては、上記の補足で記した通り、1) 漏れ電流の発生や 2)  $\text{Na}^+$  イオンの移動等が考えられている。そして、それらを引き起こすものとしては、以下の図に示したような幾つかの要因が考えられている。

- ・ 高電圧システム（特にメガソーラー）
- ・ 水分（特に塩害により湿度とともに  $\text{Na}^+$  イオンの混入等）
- ・ 高温
- ・ ソルダーライムガラス
- ・ 封止材や反射防止（AR）膜

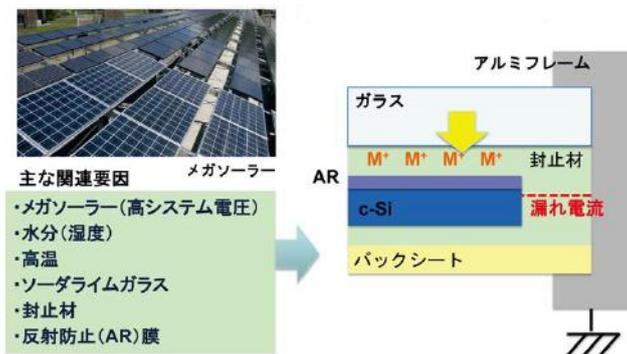


図 4.4.2 PID 現象として想定される発電性能低下のメカニズム

出典： AIST 太陽光発電研究成果報告会 2016

「各種太陽電池モジュールの PID 現象と抑止法」(増田淳、他) より

最近は、上記の要因に対して高体積低効率封止材（アイオノマーやポリエチレン等）や Na 拡散抑止のための無アルカリガラス等の採用により改善を施した PID 対策品、所謂 PID フリー品が市場に登場してきている。しかし、逆に言うと、製造年でいうと 2012 年頃以前に生産された PV モジュール製品はその対策が施されていないものが少なくないと予測される。

また、PID の特長として、複合要因であり、且つ、実環境での発生条件が明確でないために外観的な不具合症状としては見分けにくい。更には、PID 品は初期においては逆電圧を印加することで回復するが、進行してしまうと回復しにくいという所謂不可逆的な不具合モードを示す。

今回の実証事業である「リユース EV 蓄電池 (LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV) を活用した低炭素電力システムの構築」の観点からは、特に、短期、及び中長期に亘って大量に発生してくると懸念される使用済み PV モジュールの中にはリユース (再活用) 可能なモジュールも相当数含まれていると予測されている。

しかし、この状況自体は、短期には異常気象等の要因による災害排出品、そして中長期的には FIT 制度終了後の大量の中古品を予測した範疇にある。それに対して、今後もっと注意しなければならないことは、上記の範疇には属さない、所謂、災害によるものでも、FIT 制度終了やそこまできなくても長期の環境要因による (pn 接合はせず、集電特性の低下による) でもないもの、即ち、短期であっても電圧誘起 (環境要因と対比して pn 接合の) である PID 未対策品の中古品や故障品が増加してくるものと予測される。

そこで、本実証においては、そういった中古品や故障品に対しても、3R の観点から救済してリユースとして活用していくことは重要であると同時に、経済的にもメリットがあるのかどうかの検証を行うことも有意義なことであると判断している。

### 3) PID Box による回復(リカバー)試験

本実証では、PID により発電量の低下を引き起こしたと予測されるモジュール群を選び出し、OMRON 製の PID Box を今回の PV システムに後付けで設置することで PID を回復(リカバー)することが可能かどうかの試験を実施した。

正常な PV モジュールの IV 特性は、通常下の図の①のようなカーブ特性を記す。ところが PID を引き起こしたモジュールの特性は、一般に同じ図の②のようなカーブ特性になってしまう。

つまり、最大電力 (Max power) が低下し、開放電圧 (Open Circuit Voltage) も小さくなってしまふ。下の図の場合では、最大電力で 65%、開放電圧で約 14 V も削減されてしまっている。

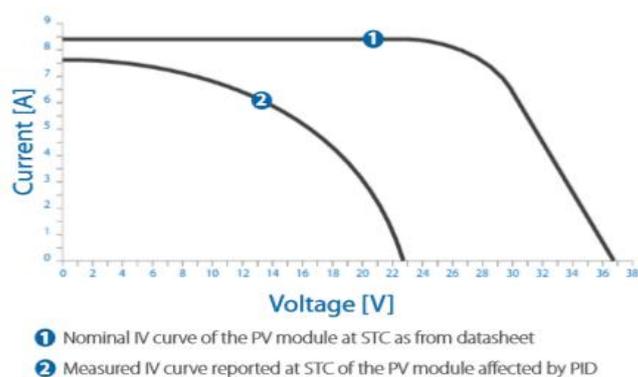


図 4.4.3 PID リカバー処理に使用された機器

出典：OMRON の HP より

また、以下の EL 画像データは Omron 製の PID Box による実際の回復事例を示したものである。この図から、PID 改善を施す前との比較において、リカバー 5 日後、更には 30 日後の方がより改善しているのを明瞭に見分けることができる。

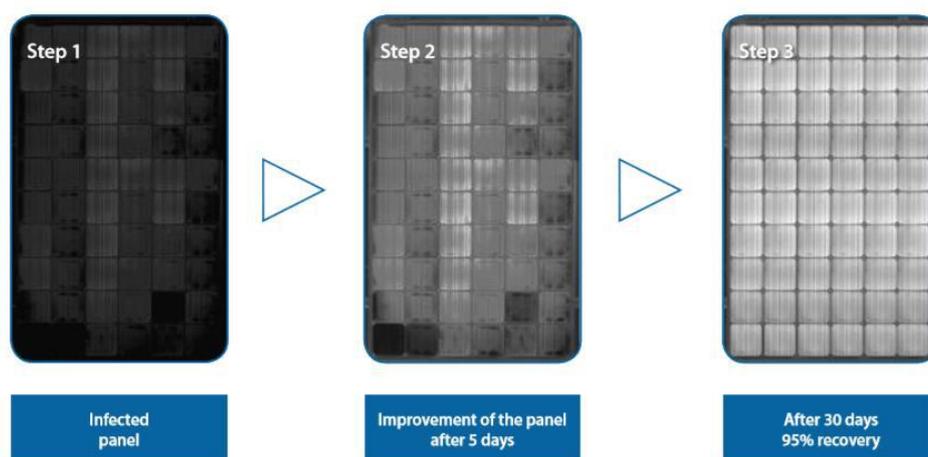


図 4.4.4 PID リカバー処理に使用された機器

Source: ElectroLuminescence test of regenerated PID affected PV panel, as tested by TUV Rheinland

## 4.4.2 作業工程

検証したリカバリー工程について表 4.4.1 及び図 4.4.5 に記す

表 4.4.1 リユース太陽電池モジュール (PV) のリカバリー工程

選別分類工程	システム化工程	リカバリー工程
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 1 外観検査</li> <li>・ 工程 2 断線検査</li> <li>・ 工程 3 STC シミュレーション (IV 特性検査)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 4 システム化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工程 5 リカバリー処理</li> </ul>



図 4.4.5 リユース太陽電池モジュール (PV) のリカバリー工程

## 4.4.3 PID 試験の実施

### 1) 試験対象 PV モジュール

PCS9 (単相) の PV モジュール 22 枚のうち、C ランク 4 枚、D ランク 8 枚の計 12 枚に対して PID 試験を行った。

表 4.4.2 PID 試験対象の PV モジュール

種 別	枚	標準出力	実測出力	内 訳
PCS9 単相	22	4,560 W	2,727 W	C ランク 4 枚 D ランク 8 枚

### 2) PID 試験期間

開始：平成 29 年 11 月 4 日

終了：平成 30 年 1 月 25 日

試験時間：81 日 (夜間) = 648 h

### 3) PID 試験使用機器

[メーカー] OMRON

[機器] Mini PID Box

[特徴] 小型軽量のため今回設置されている屋根の上の PV モジュールシステムへの適用や評価も容易にできた。



図 4.4.6 PID リカバー処理に使用された機器

OMRON 製の Mini PID Box の製品仕様を以下に記す

#### Omron & Ilumen's Mini PID Box indoor (ID) and outdoor (OD)

PV array / inverter input	PV-PID-MINI-ID	PV-PID-MINI-OD
Input PV voltage range	80 - 1000 V	80 - 1000 V
Output voltage to ground	Up to 1250 V	Up to 1250 V
Maximum PV current	20 A	20 A
Maximum output current in operation	5 mA	5 mA

GRID (AC)		
Nominal AC voltage	100 to 240 V	100 to 240 V
Nominal AC grid frequency	47 to 63 Hz	47 to 63 Hz
Power consumption in standby operation	< 0.2 W	< 0.2 W
Typical power consumption in operation	8 W	8 W
Maximum power consumption	15 W	15 W

General data		
Dimensions (W x D x H)	270 x 200 x 75 mm	270 x 200 x 75 mm
Weight	1.100 g	1.100 g
Operating temperature range	-25 to 60 °C (-13 to 140 °F)	-25 to 60 °C (-13 to 140 °F)
Environmental conditions	indoor use	IP65 - indoor / outdoor use
PV connectors	MC4 compatible	MC4 compatible

図 4.4.7 OMRON 製の Mini PID Box の製品仕様

### 4) 試験の結果

PID 試験の結果、2012 年製の C ランク（定格の 60%以上）、D ランク（定格の 50%以上）のパネル 12 枚において以下の結果が得られた。

- ・ 出力 (Pw) が平均 +21%
- ・ パネル (数) の 83% で出力が向上

試験の結果、PID の実施により発電電力 (W) が 6%増、リユース率（廃棄物削減）は 4%増が見込めることが判った。試験の結果を表 4.4.3 に記す。

表 4.4.3 PID 試験の結果

対象	205DC80.80			
PID 実施	12 パネル			
PID 稼働	81 日 (夜間) = 648 h			
改善	パネル数	83%/10%以上		
	Pmax (最大パワー)		121%	
		対定格	12%	向上 (60%⇒72%)
	Voc (解放電圧)		114%	照度影響を受けにくい
	FF (曲線因子 fill Factor)		113%	1 に近い方が良い (0.53⇒0.59)

また、次頁に PV モジュールの回復事例を記す。

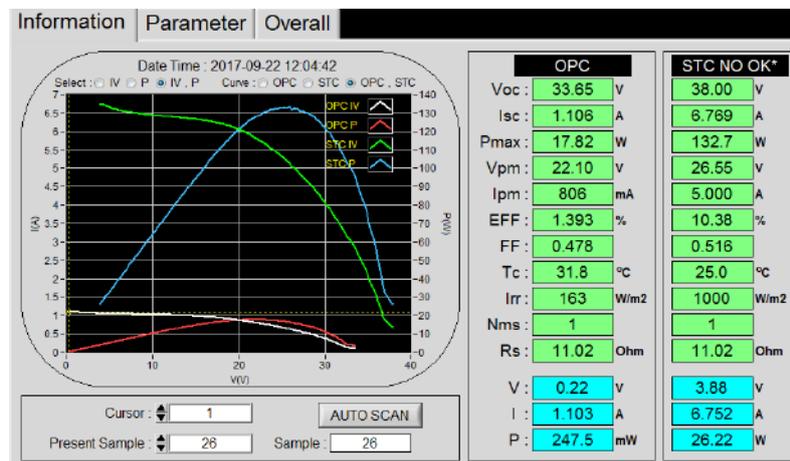
## PV モジュールの回復事例

モジュール：205DC80.80

製造番号：41250600030

	PDI 試験前	PID 試験後	改善
定格 (W)	205.0		
Pmax (最大パワー)	110.8	153.1	138%
定格比率	54%	75%	
Voc (解放電圧)	36.93	44.10	119%
FF (曲線因子 fill Factor)	0.491	0.590	120%
波形	正常	正常	—

### 試験前



### 試験後

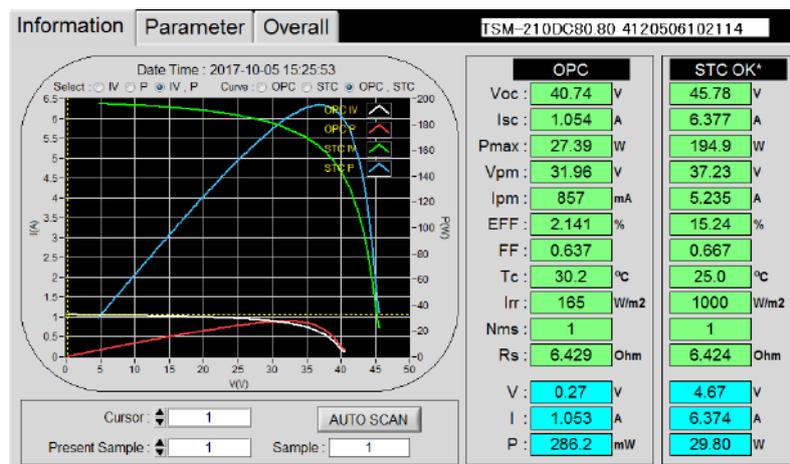


図 4.4.8 PID 試験により回復したモジュールの実測値  
(上：試験前、下：試験後)

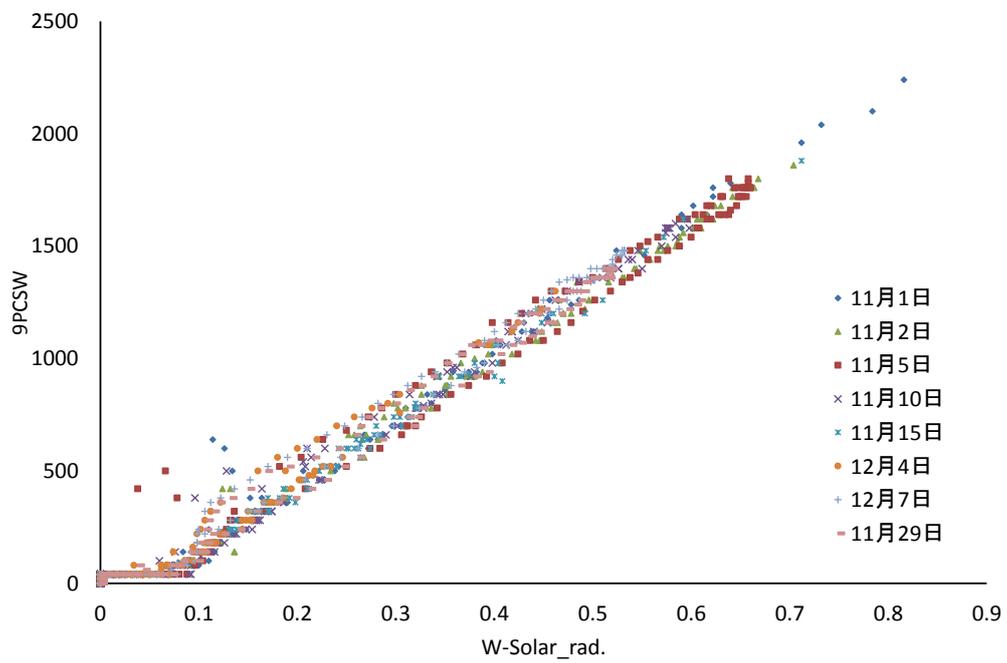


図 4.4.9 PID リカバー効果の検証 (長期: 2017.11.04~)

## 第 5 章 経済的合理性の検証

### 構築した低炭素電力システムの経済的効果

---

第 5 章では、リユース EV 蓄電 (LiB) 及びリユース太陽電池モジュール (PV) を用いて構築した低炭素電力システムの経済的効果について検証した結果を報告する。

## 5.1 構築した低炭素電力システムの経済的効果

### 5.1.1 デマンドと供給能力

本実証事業における低炭素電力システムの稼働期間が短かったことから、電力削減効果に関しては、太陽光の入射量が年平均の73%程度である1月のデータを用いて試算した。

年間約69万円（工場内電力使用量の24%）の削減であるが、更に削減を進めていくためには以下3点の方策が必要と考えられる。

- 1) 蓄電池（LiB）側の充放電モード設定の最適化
- 2) AC⇄DC変換、パワーコントローラーの消費電力等による充放電ロス の低減化
- 3) 蓄電池（LiB）用の三相パワーコントローラーの設置

表 5.1.1 啓愛社栃木リサイクルセンターにおける電力料金削減効果（試算値）

区分	電気代	備考
低炭素電力システム設置前	2,908.3 千円/年	***
低炭素電力システム設置後	2,210.3 千円/年	***
電気料金削減効果（試算） ※工場全体の24%	698.0 千円/年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ピークカット効果 218.0 千円/年</li> <li>・ PV発電による電力削減効果 600.0 千円/年</li> <li>・ 充放電ロス -120.0 千円/年</li> <li>※充電電力量と利用可能電力量の差</li> </ul>

#### 年間の電力削減効果の算出方法

下記の月額に12ヶ月を乗じて算出した。

- ・ ピークカット効果（円/月）：効果が小さい1月の実績を使用
- ・ PV発電（円/月、年平均）：1月の発電データ ÷（1月発電量 ÷ 年平均発電）
- ・ 充放電ロス（円/月）：年一律とした

なお、上記試算に用いた平成30年1月30日のデータを表5.1.2に記す。

表 5.1.2 試算に用いた平成30年1月30日のデータ

入光量	最大：411 W/m <sup>2</sup> 平均 180 W/m <sup>2</sup>
PV発電	121 kWh/日（年平均の73%）

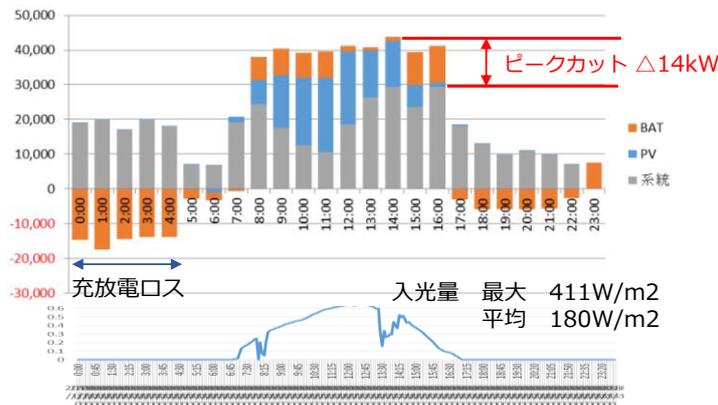


図 5.1.1 平成30年1月30日のPV発電状況

### 5.1.2 低炭素電力システム構築コスト

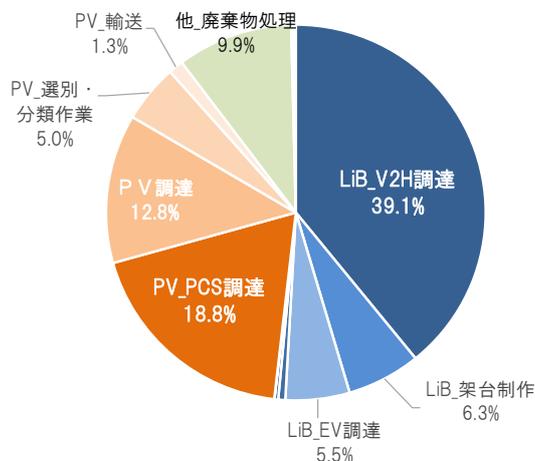
株式会社啓愛社栃木リサイクルセンターに設置した低炭素電力システムをベースに設置コストを試算した。その結果を表 5.1.3 及び図 5.1.2 に記す。

表 5.1.3 実証試験をベースにした低炭素電力システムの設置コスト（試算値）

仕様 PV発電力 50kW  
LiB容量 100 kWh（実質残容量83kWh）

区分	科目		数量	単価	費用計	備考
PV	調達	廃PV	204 unit	5,000 ¥/u	1,020 千円	
	調達	PCS	11 unit	136,364 ¥/u	1,500 千円	
	調達	輸送	1 unit	100,000 ¥/u	100 千円	
	調達	選別・分類作業	250 unit	227 ¥/u	57 千円	
	小計					2,677 千円
蓄電	調達	電気自動車	5 unit	87,000 ¥/u	435 千円	自動車リサイクル事業で調達
	加工	選別・分類作業	1 h	1,500 ¥/h	2 千円	LiB容量測定
	加工	充放電部品、LiB取外し	16 h	2,973 ¥/h	48 千円	
	加工	不要部品除外	2 h	12,500 ¥/h	25 千円	
	調達	架台制作	1 unit	500,000 ¥/u	500 千円	保管機器製作
	調達	V2H	5 unit	623,000 ¥/u	3,115 千円	
小計					4,124 千円	
他	保証コスト			1 式	16 千円	
	廃棄処理	輸送		1 式	45 千円	
		廃棄物処理	7,400 kg	100 ¥/kg	740 千円	
	その他開発費			1 式	15 千円	
小計					817 千円	
合計					7,618 千円	
管理費用（製造事業者）					762 千円	
管理費用（小売事業者）					762 千円	
販売利益					1,524 千円	
総合計					10,665 千円	

（注）上記の設置コストには設置工事費用と営業費用等は含まれていない。



（注）上記の構成内訳には管理費用、利益は含まず。

図 5.1.2 低炭素電力システムの製造コストの構成比

### 5.1.3 低炭素電力システムの経済的効果

表 5.1.4 に新品で「PV+LiB」を設置した場合と、低炭素電力システム設置の場合の価格を記す。LiB 83 kWh, PV 50 kW 仕様で設置した場合、約 2.3 倍の価格差がある。しかし、設備投資に対し、電力料金削減効果による費用回収期間が 10 年以上と長くなる。これは設備費用のうち V2H や PCS 等の接続機器が 58% 近くを占めることが起因している。

また、リユース LiB やリユース PV の排出場所や調達方法、付属する充放電機器のコスト見直し等によりコストの増減が予想されたため、普及に向けて今後更なるビジネスモデルの見直しや技術開発が求められる。

表 5.1.4 新品と低炭素電力システムの価格差

区 分			新品販売価格	低炭素電力システム	価格差
LiB関係	83 kWh	設備総価格	15,930 千円	6,056 千円	9,874 千円
		1kWhあたりの価格	192 千円	73 千円	119 千円
PV関係	50 kW	設備総価格	9,000 千円	4,609 千円	4,391 千円
		1kWあたりの価格	180 千円	92 千円	88 千円
価格計			24,930 千円	10,665 千円	14,265 千円

上記価格には管理費用、利益を含めた。

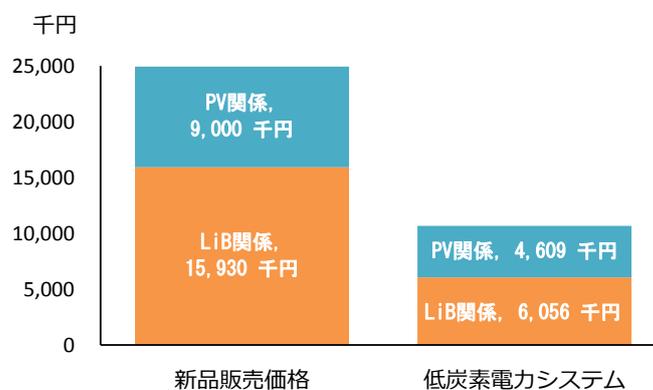


図 5.1.3 新品と低炭素電力システムの価格差

## 第 6 章 環境負荷低減効果の検証

- CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果
  - 循環型社会への貢献の見込み（資源投入量・廃棄物発生量の削減効果）
- 

第 6 章では、リユース EV 蓄電池（LiB）及びリユース太陽電池モジュール（PV）を活用した低炭素電力システムにより期待される CO<sub>2</sub> 排出量及び資源投入量・廃棄物発生量の削減効果について検証した結果を報告する。

## 6.1 環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価範囲

### 6.1.1 システム構成

リユース LiB 及びリユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムの導入による環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果をそのライフサイクルまで考慮して評価し、同定した。

本実証事業で構築した低炭素電力システムは、電力需要家側のニーズに応じてリユース LiB および V2H は増設されていく。そのシステムの基本構成を以下の図 6.1.1 に記す。

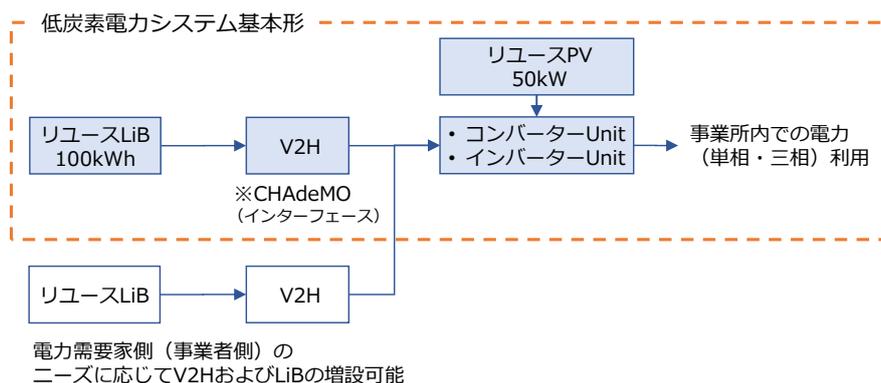


図 6.1.1 低炭素電力システムの構成

### 6.1.2 バウンダリー及びベースライン

環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価・同定において、バウンダリー及びベースラインを表 6.1.1 及び図 6.1.3 のとおり設定し比較を行った。

#### ・ベースライン

- ① LiB、PV モジュールが個別に使用され、そのライフサイクル終了後に廃棄・リサイクルされているケース
- ② 新品を活用し「PV 発電+LiB 蓄電」を行っているケース

#### ・低炭素電力システム

リユース LiB、リユース PV モジュールを活用

表 6.1.1 本実証事業におけるバウンダリー及びベースライン

区分	比較工程		
ベースライン ※新品の LiB, PV モジュールを使用	【A】 LiB, PV モジュールの製造・輸送	【B】 系統電力の使用 ※新品 LiB、PV モジュールを利用した充放電	【C】 使用済み LiB, PV モジュールの輸送・廃棄
低炭素電力システム ※リユース LiB、PV モジュールを使用	【D】 低炭素電力システム構築のための LiB, PV モジュールの輸送・検査	【E】 系統電力の使用 ※リユース LiB、PV モジュール（品）を利用した充放電	***

また、その比較においてベースラインと本実証事業（低炭素電力システム）に共通する箇所は算定・評価対象外として扱った。なお、比較にあたり、以下3点を考慮し、算定した。

- 1) システム能力は、PV 50 kW、LiB 100 kWh とし、これを基本単位 1Unit として計算した。
- 2) リユース品を利用した低炭素電力システムの稼働年数は 10 年と設定した。
- 3) 電力需要家（事業者側）が必要とする電力の総量が不明なことから、使用する電力総量は等しいものとして、図 6.1.2 に記すよう PV モジュール発電量の差を系統電力購入量の差として計算した。

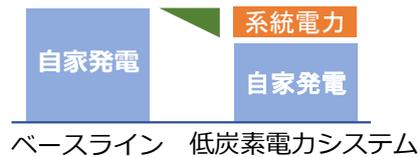


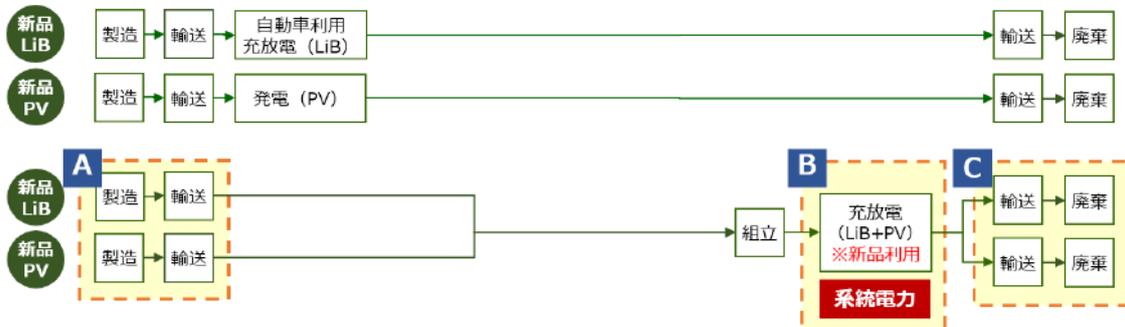
図 6.1.2 系統電力使用量

### 環境改善効果の評価式

$$\text{CO2 排出量の削減効果} = (A+B+C) - (D+E)$$

$$\text{資源投入量及び廃棄物発生量の削減効果} = (A+C)$$

#### I ベースライン（新品のLiB, PVを使用したケース）



#### II 低炭素電力システム

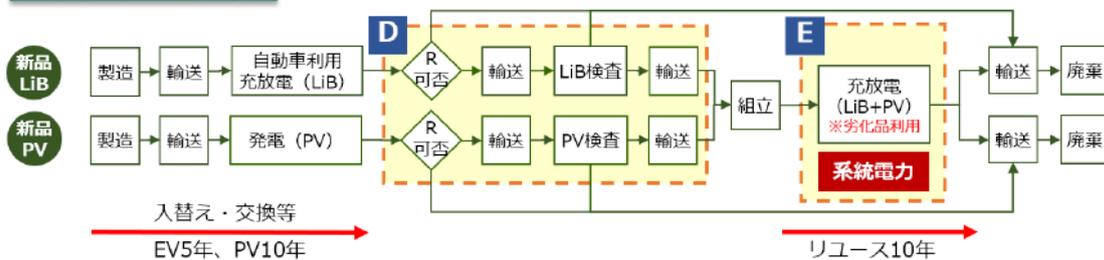


図 6.1.3 ベースラインとバウンダリー

## 6.2 本実証事業における CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の見込み

低炭素電力システム 1 Unit を 10 年間稼働させた際の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を表 6.2.1 に記す。

表 6.2.1 CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果

	区分	プロセス	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /Unit)
ベース ライン	A	LiB の製造	2,770.00
		LiB の輸送	11.48
		PV モジュールの製造	36,328.13
		PV モジュールの輸送	69.12
	B	系統電力の使用	0.00
	C	LiB の輸送	91.81
		LiB の廃棄・リサイクル	5.93
		PV モジュールの輸送	211.97
		PV モジュールの廃棄・リ サイクル	172.92
	計		
低炭素 電力シス テム	D	LiB の輸送	108.77
		LiB の検査	51.20
		LiB の輸送	108.77
		PV モジュールの輸送	69.12
		PV モジュールの検査	1.39
		PV モジュールの輸送	0.00
	E	系統電力の使用	12,863.88
計			13,203.14
10 年間稼働時の CO <sub>2</sub> 削減効果 (A+B+C) - (D+E)			26,458.21

なお、ベースラインと低炭素電力システムを比較した場合、低炭素電力システムは新品の LiB 及び PV 製造に伴う負荷が無い。その反面、性能低下したリユース品につき、同じ電力需要に対して新品に比べ系統電力への依存する度合いが高い。

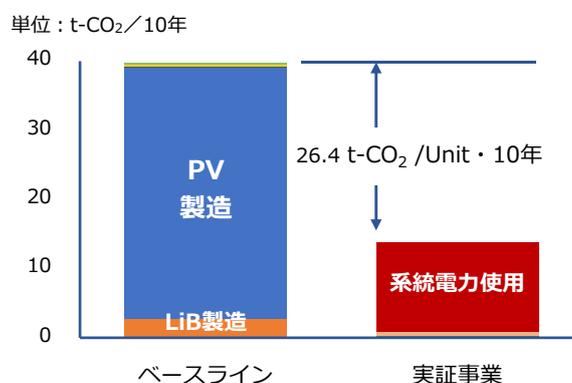


図 6.2.1 CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果

## 6.3 本実証事業における循環型社会への貢献の見込み

### 6.3.1 資源投入量および廃棄物発生量の削減効果

表 6.3.1 に示すとおり、低炭素電力システムを導入により資源投入量 5.3 t /10 年、廃棄物発生量 4.9 t /10 年の削減に繋がる。

表 6.3.1 資源投入量および廃棄物発生量の削減効果

区分		プロセス	資源量 (kg/1Unit・10年)	廃棄量 (kg/1Unit・10年)
ベースライン	A	LiB 製造	757.50	390.84
		PV モジュール製造	4562.50	4562.50
低炭素電力システム	**	LiB 廃棄	0.00	0.00
		PV モジュール廃棄	0.00	0.00
削減効果			5,320.0	4,953.34

表 6.3.2 LiB の素材構成

構成素材	wt%
アルミニウム	11.0
難黒鉛化炭素	11.0
銅	13.0
DMC(電解液)	3.0
LiNiO <sub>2</sub>	25.7
NMP (溶媒)	3.3
ポリエチレン	4.9
PC	3.0
ポリプロピレン	8.0
樹脂	3.0
鉄	11.6
その他	2.5
計	100.0

表 6.3.3 PV モジュールの素材構成

素材構成	wt%
シリコン	7.6
板ガラス	59.2
アルミニウム	15.8
銅	0.7
充填剤	11.8
PET	4.5
PPE	0.4
計	100.0

#### 参考文献

- ・ 電力中央研究所報告「日本における発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量総合評価 総合報告：Y06
- ・ 平成 21 年度経産省委託調査 みずほ情報総研株式会社 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）

表6.3.4 ベースライン I (新品LiB,新品PV利用するケース) におけるCO<sub>2</sub>排出量の原単位

区分	プロセス	活動量			排出原単位			排出量 (CO <sub>2</sub> -kg/Unit)	
		項目名	数値	単位	原単位名	数値	単位		
A	LIB	製造	1UnitあたりのLiB出力 (kWh)	100.0	kWh/Unit	LiB容量1kWhあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	27.7	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	2,770.00
		輸送	1UnitあたりのLiBのkg・km	113,625.0	kg・km/Unit	LiB1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	11.48
	PV	製造	1UnitあたりのPV出力	50.0	kW/Unit	PV1kWあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	726.563	kg-CO <sub>2</sub> /kW	36,328.13
		輸送	1UnitあたりのPVのkg・km	684,375.0	kg・km/Unit	PV1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	69.12
B	系統電力の使用	1Unitあたりの10年間系統電力使用量	0.0	kWh/Unit・10年	系統電力使用における1kWhあたりのCO <sub>2</sub> 排出係数	0.512	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	0.00	
C	LIB	輸送	1UnitあたりのLiBのkg・km	909,000.0	kg・km/Unit	LiB重量1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	91.81
		廃棄	1UnitあたりのLiB重量	156.3	kg/Unit	LiB廃棄1kgあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.038	kg-CO <sub>2</sub> /kg	5.93
	PV	輸送	1UnitあたりのPVのkg・km	2,098,750.0	kg・km/Unit	PV1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	211.97
		廃棄	1UnitあたりのPV重量	4,562.5	kg/Unit	PV1kg廃棄あたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.038	kg-CO <sub>2</sub> /kg	172.92
合計								39,661.35	

表6.3.5 低炭素電力システムプロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出量の原単位

区分	プロセス	活動量			排出原単位			排出量 (CO <sub>2</sub> -kg/Unit)	
		項目名	数値	単位	原単位名	数値	単位		
LIB	輸送	1UnitあたりのLiBのkg・km	1,076,923.1	kg・km/Unit	LiB1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	108.77	
		1Unit検査あたりの電力消費量	100.0	kWh/Unit	系統電力1kWhあたりのCO <sub>2</sub> 排出係数	0.512	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	51.20	
	D	輸送	1UnitあたりのLiBのkg・km	1,076,923.1	kg・km/Unit	LiB1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	108.77
		輸送	1UnitあたりのPVのkg・km	684,375.0	kg・km/Unit	PV1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	69.12
PV	検査	1Unit検査あたりの電力消費量	2.7	kWh/unit	系統電力1kWhあたりのCO <sub>2</sub> 排出係数	0.512	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	1.39	
	輸送	1UnitあたりのPV重量	0.0	kg/Unit	PV1kg・kmあたりのCO <sub>2</sub> 排出量	0.0001	kg-CO <sub>2</sub> /kg・km	0.00	
E	系統電力の使用	1Unitあたりの10年間系統電力使用量	25,124.8	kWh/Unit・10年	系統電力使用における1kWhあたりのCO <sub>2</sub> 排出係数	0.512	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	12,863.88	
合計								13,203.14	

#### イベントリーデータ収集における参考文献

- ・ 電力中央研究所報告「日本における発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量総合評価 総合報告 : Y06
- ・ 平成 21 年度経産省委託調査 みずほ情報総研株式会社 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）
- ・ 産業環境管理協会 カーボンフットプリント制度試行事業 CO<sub>2</sub> 換算量共通原単位データベース Ver4.01（国内データ）
- ・ 環境省・経済産業省 電気事業者別排出係数（特定排出事業者の温室効果ガス排出量算定用）平成 30 年度版
- ・ NEDO 年間月別日射量データベース（MONSOLA-11）

### 6.3.2 低炭素電力システムにおける資源循環率

資源循環率(以下リユース率)は、どの程度まで性能低下した物がシステムの品質(稼働保証)、経済性(費用対効果)に適合するのかの判断に委ねられる。

LiB の場合、LiB の性能低下に伴い新品と交換され排出される(A ケース)、廃車から外されて排出される(B ケース)、様々な排出形態があるため、リユース率の分母をどう判断するか議論の余地が残されているが、次世代車が普及する 2025 年以降は B ケースが主流となる。

A ケースの場合) LiB ユニット単体に対するリユース率は 100%、  
リビルド品利用の場合は 88.0% (48 モジュール中 10 モジュール交換の場合)

B ケースの場合) リーフ総重量に対するリユース率は 34.4%

PV の場合は、モジュール単体でのリユース可否であり、本実証で調達した PV モジュール 251 枚を検査し、STC 出力比 50%以上の 202 枚を試験用に利用したため、リユース率は 80.5%であった。(P70 参照)

以下の表 6.3.6 に本実証事業全体でのリユース率を 2 通り記す。

表 6.3.6 本実証事業でのリユース率

区 分	リユース率	備 考
リーフ総重量を分母、リユースパーツを分子にした場合	34.4 %	(LiB パック+充放電部品) ÷ (車輛総重量) = (273 kg + 250 kg) ÷ 1,520 kg = 34.4 %
システム総重量を分母、PV+LiB (+パワコン) のリユース部分を分子にした場合	82.8 %	(リユース PV+リユース LiB) ÷ システム総重量 = (3,950 kg + 546 kg + 500 kg + 1,030 kg) ÷ 7,277 kg = 82.8 %

(参考) 表 6.3.7 株式会社啓愛社栃木リサイクルセンター設置の低炭素電力システムの重量構成

構成部品	単体重量	個数	実測重量	備 考
リーフ LiB パック	273 kg	2 車分	546 kg	リユース部品
充放電部品	250 kg	2 車分	500 kg	リユース部品
蓄電池	147 kg	7 機	1,030 kg	リユース部品
V2H	160 kg	2 機	320 kg	
LiB 関係小計			2,396 kg	
PV モジュール	20 kg	202 枚	3,950 kg	リユース部品
PCS	39 kg	11 機	431 kg	
PV 関係小計			4,381 kg	
システム化機器	500 kg	1 式	500 kg	固定具、配電盤他
システム総合計			7,277 kg	

## 第7章 事業実現可能性等の検証

第7章では、リユースEV蓄電池（LiB）及びリユース太陽電池モジュール（PV）を活用した低炭素電力システムの事業実現の可能性等を検証するために、市場のニーズや今後の検討すべき方向性に関し検証した結果を報告する。

## 7.1 市場調査

### 7.1.1 背景及び販売ターゲット

シードプランニングのレポートによると、定置型蓄電池の国内市場は住宅用や業務用、産業用を含め 2020 年には 5,300 億円の市場まで成長するとされている。

これを裏図けるように現在、ハウスメーカーを中心に一般家庭の ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）が進められ、また、日産自動車株式会社の系列会社であるフォーアールエナジー株式会社、トヨタ自動車などにおいて EV の廃 LIB の定置活用が進められている。

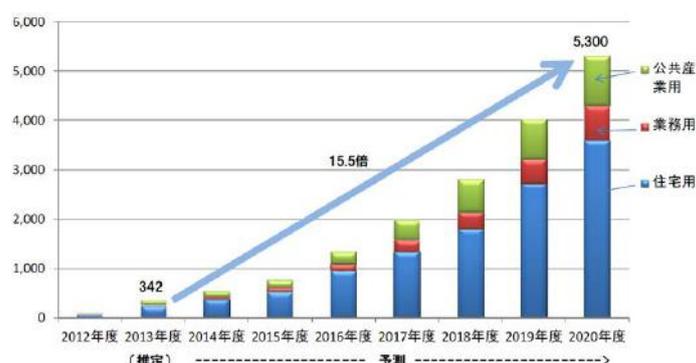


図 7.1.1 定置用蓄電システム 市場規模推移 (単位：億円)  
出典：シードプランニング

また、2012 年 7 月からの FIT 制度により飛躍的に拡大した非住宅分野の市場は、現在年度の導入量が下降傾向にあるが、2024 年頃を境に微弱ながら導入量の増加が予想されている。今後、大規模発電では、土地確保の制約から遊休地の活用や水上設置など設置場所の多様化が進み自然環境との調和を図りながら一定市場を確保していくものと考えられている。中規模の発電設備についても、大型設備同様に安定した市場が想定されるが、工場や様々な高圧需要家ではソケットパリティが実現することで自家消費を中心とした市場拡大が期待されるされている。



図 7.1.2 年度別 PV 導入量  
出典：JPEA PV OUTLOOK 太陽光発電 2050 年の黎明  
一般社団法人 太陽光発電協会

本実証事業が目指す低炭素電力システムは、これらメーカーが供給する定置用 LiB に対して、いわば安価なサードパーティ的な存在である。そのターゲットも家庭電源市場とメガ発電所市場の間隙で競合の少ないニッチ市場において、電力料金削減を主ニーズとし、またリユース品を使用することに抵抗が少ない中小規模の事業者をユーザーと捉えている。

表 7.1.1 低炭素電力システムの販売ターゲットとニーズ

販売ターゲット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 50 人から 300 人未満の中小規模事業所</li> <li>・ 野立て太陽光発電所</li> <li>・ 国内外の電力事情の悪い地域</li> </ul>
ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業者の経費削減（電気代等）</li> <li>・ 非電化地域での電力利用</li> </ul>

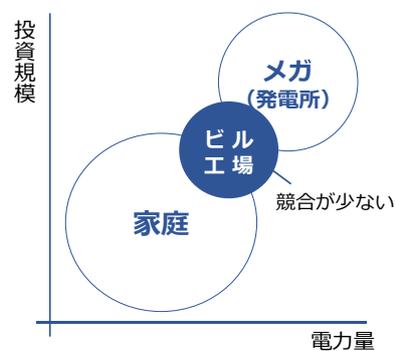


図 7.1.3 低炭素電力システムがターゲットとする市場

## 7.1.2 ヒアリング調査

### 1) ヒアリング調査の実施

低炭素電力システムを普及させていくために市場調査を行い、ターゲットとしている中規模の事業者の導入要件をもとに仮目標を設定した。また、目標設定に至った過程を以下に記す。

電力需要家（事業者）、PV モジュール及び LiB 等の機器販売事業者、製造事業計 29 社にヒアリング調査を実施した。その結果を表 7.1.2 及び表 7.1.3 に記す。

表 7.1.2 ヒアリング調査した事業者数

区分	事業者数
電力利用者	12 社
機器販売業者	12 社
製造事業者	5 社
計	29 社

表 7.1.3 ヒアリング結果（ニーズ）のまとめ

ターゲット電力利用者	郊外型店舗	ファミリーレストラン	コンビニエンスストア	建設現場 仮設事務所※	工場	家庭用	冷凍工場	
現状の電力量・コスト	80~100 kW	60 万~100 万円/月		20 kW 50 万円/月	50 kW 30 万円/月	12 kW	100 万円/月	
仕様	業務用	○		○	○	○	○	
	産業用	◎		◎	◎	***	◎	
規模（所）	1,174	5,654	5.6 万	***	42 万	44 百万	1,160	
導入要件	構造	屋根大きさに合わせる			増設、減設、移動が し易いユニット式	非稼働日 蓄電	定置型 小型	24h 稼働
	用途	電気代削減 EV 充電サービス			照明 (9.9 kW) クレーン等のモーター系の重機	稼働日の電気代削減	電気代削減	停電対策
	価格・償却期間	5 年 (~5 百万円)	3 年 (1~3 百万円) 店舗改修		3 年 (1~3 百万円) 工事終了後寄付	100 万円 /kWh 以下	10 万円 /kWh 以下	
その他	低コスト、 小型化	低コスト、小型化		低コスト	発電・蓄電容量	小型化	24h 分の 発電量	

※建設現場の仮設事務所・・・国内・海外での橋・ダム・学校・病院等の建設時の仮設事務所

#### (参考) 資源エネルギー庁 2020 年開発目標

家庭用蓄電池（FIT 終了者向け）・・・9 万円/kWh 以下

産業用蓄電池（ピークカット用）・・・15 万円/kWh 以下

## 2) ヒアリング調査で得られた意見

### ■ 電力需要家（事業者）

- ・現在は冷凍・エアコン・調理器等全てに電気を使用しているため、電気代は月に 60 万円程度かかりランニングコストを削減したい。ただ太陽光 50 kW + 24kW のシステムは建屋に設置できないため、20 kW 程度で償却年数 5 年以内の範囲で購入できるなら興味はある。リユース品でも可だが、建屋のオーナーの許可を得る必要がある。V2Hも電気自動車が増えれば顧客サービスとして用意しないと行けないかも知れない。（ロードサイド型コーヒーショップ FC A 店）
- ・飲食業は出店も早い撤退も早い。同じ店舗で同じ看板で 10 年以上営業しているのは稀である。顧客は 3 年ぐらいで飽きてしまいますので、看板・メニュー・内装を変えてお客を飽きさせないため、3 年の設備償却が条件となる。（ロードサイド型ファミリーレストラン B 店）
- ・電気代は 100 万円/月以上で、また停電すれば商品は全て駄目になるため、太陽光+蓄電池システムには興味があります。ただ冷凍倉庫は 24 時間運転につき、メンテナンスは 365 日 24 時間対応が必須。太陽光発電で得た電気だけでは足りないし、蓄電池の貯める電気は電力会社から買って貯めていたら意味がない。（冷凍工場 C 社）
- ・今は太陽光で得た電気を全量で買って貰っているが、電気代が高くなれば考えても良い。（自動車整備工場/太陽光設置事業者 D 社）

### ■ PV モジュール及び LiB 等の機器販売事業者

- ・間違いなく蓄電市場は増加する。狙いは 低圧契約先の工場とかではないでしょうか。工場にも HEMS とかも絡めて電気の見える化を行い、カスタマイズで接続して行く方法もあります。（販売事業者 E 社）
- ・土日、祝日の工場で高圧電灯が不要な所をターゲットにしてはどうか。休日の電気は太陽光で貯めて、稼働日は蓄電から放電、蓄電池が空になっても貯めるのは稼働日など、詳細なデマンド設定が必要です。メーカーの協力が必要だと思います。（販売事業者 F 社）
- ・家庭用では kW10 万円以上で販売しているので、リサイクル品で筐体が小さければ商機はあるかも知れない。（販売事業者 G 社）
- ・高圧を引っ張っている工場では、蓄電池のニーズは少ないかも知れません。（販売事業者 A 社）
- ・家庭用の FIT 終了のように、全量物件も数多くある。電力抑制が頻発するエリアなら野立て太陽光発電に接続して夜に放電するとかのニーズはあります。ただし、電力会社・国がなんと言つか。野立発電所なら EV をそのまま持ち込む敷地もある。20 年後に EV が普及すると、FIT 終了に伴い蓄電池増設システムのビジネスの時代が到来すると思います。（販売事業者 H 社）
- ・保証ないと販売は厳しいですね。（販売事業者 I 社）
- ・産業用蓄電池は工場に対する補助金施策がもっと増えれば、販売の可能性が上がります。（商社系 J 社）
- ・リユース品は保証の問題があり、無償交換にせよメンテナンス体制が整っていないと売れないです。価格の問題ではないと思います。（商社系 K 社）
- ・家庭用の蓄電池市場は FIT 価格が年々下落し、2019 年問題の背景から問い合わせ販売高は増加しています。太陽光発電も設置から 10 年経過しパワーコントローラーも交換時期につき、

12kW ぐらいのリユース蓄電池を家庭用に入れてもビジネスになるかも知れません。工場系のピークカット用なら、リユース太陽光パネルだけで十分ではないでしょうか。リユース品で自家消費なれど、電力会社など OK しますか。(商社系 L 社)

#### ■ 蓄電池製造事業者

- ・ 産業用の三相蓄電池システムは特注以外の製造はしない方向です。量産化は高圧の電気代がもともと安くかつ、工場等に据え置いても、スグになくなると思われ、価格(1kW/100 万円)ではコストバランスが合わない。またリユースは考えてない。(メーカー M 社)
- ・ 地域によっては、防災・避難場所の認定を受けている工場には、非常用電源装置として 50kW ぐらいの蓄電池の設置ニーズがあります。ただ系統側(日常電気利用)については、使用は考えていないため、逆にリユース品の方が良いかも知れない。(メーカー N 社)
- ・ 太陽光発電+リーフ蓄電池を工場に使用する考えは良いと思いますが、各工場に合わせたデマンドコントロール(負荷・供給)機能が付くと付加価値がつきます。実証実験データと欲しいです。リーフの蓄電池の状態に興味があります。(メーカー O 社)
- ・ 蓄電池の再利用はメーカーとしても気になっている、またリン酸系蓄電池は産業廃棄物としても問題になると思っていますが、今は FIT が終わる 2019 年の家庭用蓄電池の方に力を入れたい。(メーカー P 社)
- ・ 自社の蓄電池も再利用のテストしたこと無く、メーカーとしては NG です。(メーカー Q 社)

## 7.2 低炭素電力システムの今後の検討すべき方向性

低炭素電力システムを普及させていくためのターゲットユーザーとして、リユース品の利用を受入に寛容であること、競合が少ないこと、かつ規模がある郊外型店舗やファミリーレストラン、コンビニエンスストア、建設現場の仮設事務所、工場などの中小規模事業者とし、市場調査を行い、導入要件をもとに普及モデルを確定した。

市販モデルの仕様・価格を表 7.2.1、システム構成を図 7.2.1 に記す。

表 7.2.1 低炭素電力システムの市販モデルの仕様・価格（案）

ターゲット	電力量・コスト	導入要件	販売モデルの仕様・価格
郊外型店舗 ファミレス コンビニ	80~100 kW 60~100 万円/月	<ul style="list-style-type: none"> <li>店舗屋根に設置できるサイズ</li> <li>償却期間 3 年</li> <li>価格帯 1~3 百万円</li> </ul>	<b>業務用</b> 仕様：単相、PV 20 kW + LiB 35 kW 価格：230 万円 (PV 20 万円、LiB 210 万円)
建設現場の 仮設事務所	20 kW 50 万円/月	<ul style="list-style-type: none"> <li>増設、減設、移動がしやすいユニット式</li> <li>償却年数 3 年</li> <li>価格帯 1~3 百万円)</li> <li>工事終了後寄付</li> </ul>	<b>産業用</b> 仕様：三相、PV 100 kW + LiB 100 kW 価格：940 万円 (PV 100 万円、LiB 840 万円)
工場	50 kW 30 万円/月	<ul style="list-style-type: none"> <li>稼働日の電気代削減 (非稼働日の蓄電)</li> </ul>	



図 7.2.1 低炭素電力システムのシステム構成（案）

## 7.3 今後の展開

### 7.3.1 2030 年に向けた普及計画

現時点では廃 EV 由来の LiB パックの発生が 454 個※と少なく、事業として成立しないが表 7.3.1 に記すように次世代車の廃棄が今後増加することは明らかである。

※454 個・・・2015 年時点での EV 廃車台数 (= 廃 LiB 発生数)

表 7.3.1 廃次世代車の本格的な発生台数

年度	発生台数	EV・PHV 比率
2025 年	約 50 万台	15%
2030 年	約 120 万台	20%

出典：自動車工業会資料

そこで 2030 年に向けたリユース LiB 及びリユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムの普及計画を表 7.3.2 のとおり試算した。

なお、リユース PV 及びリユース LiB の調達において、課題である収集の効率化として、小ロットの場合に他の物品と混載ができるよう専用容器の導入、自動車メーカーの自主回収スキームと混載した回収ネットワーク構築などにより、輸送コストを低減し事業性を高めていく。

表 7.3.2 2030 年にむけた低炭素電力システム普及計画

年度	廃次世代車 ×EV/PHV率	低炭素電力システム事業規模		環境改善効果			
		普及数 (Unit)	事業規模 (億円)	CO <sub>2</sub> 排出量削減 (t-CO <sub>2</sub> /10年)	資源投入量削減 (t/10年)	廃棄物発生量削減 (t/10年)	
2020年	1万台	<ul style="list-style-type: none"> <li>低炭素電力システムの試験導入</li> <li>廃LiBの回収・調達体制構築</li> <li>技術的課題の解決に向けた開発・検証</li> </ul>					
2025年	7.5万台	普及	960	56.1	29,571.0	5,866.8	5,571.2
2030年	24.0万台	普及拡大	3,000	175.5	92,409.4	18,333.9	17,409.9

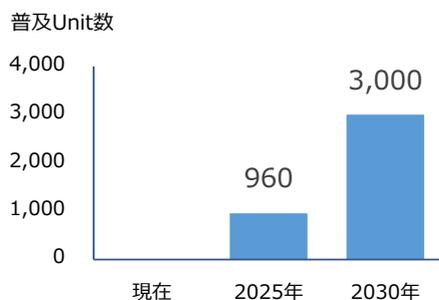


図 7.3.1 2030 年に向けた普及 Unit 数

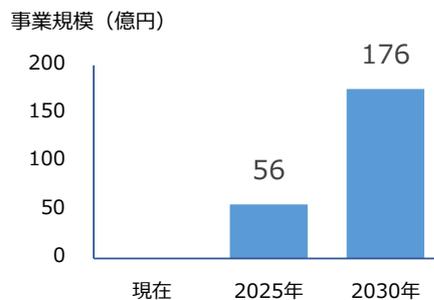


図 7.3.2 2030 年に向けた事業規模

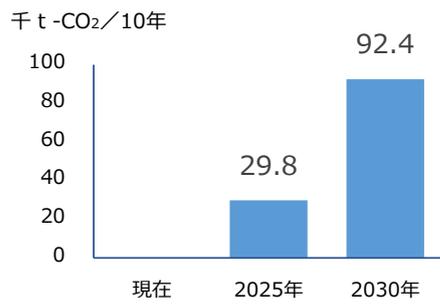


図 7.3.3 2030 年に向けた  
CO<sub>2</sub> 排出量の削減

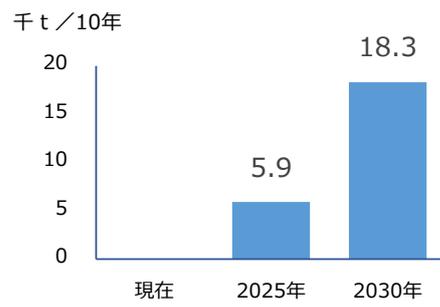


図 7.3.4 2030 年に向けた事業規模  
資源投入量の削減



図 7.3.5 2030 年に向けた廃棄物発生量の削減

## 低炭素電力システム普及計画の算出根拠

### 1) 普及 Unit 数

表 7.3.1 に記した廃次世代車の本格的な発生台数に対して以下の係数を掛け合わせ、低炭素電力システムに利用できる数を算出した。年度毎の利用できる LiB 数、制作可能な Unit 数を表 7.3.3 に記す。

- ・ EV・PHV 比率 (2025 年 15%、2030 年 20%)
- ・ リユース可能品 90%
- ・ 経済的回収率 5%
- ・ 1Unit で使用する LiB パック数 業務用 2 個、産業用 5 個

表 7.3.3 廃次世代車の本格的な発生台数

年度	LiB 数	制作可能な Unit 数
2025 年	約 3,000 個	業務用 約 480 Unit 産業用 約 480 Unit
2030 年	約 10,000 個	業務用 約 1,500 Unit 産業用 約 1,500 Unit

### 2) 事業規模及び環境改善効果

5 章のコスト試算及びユーザーへのヒアリング結果から、事業化時の低炭素電力システムの販売価格を表 7.3.4 のとおり設定した。但し、表中の販売価格は仮設定値であり、経済情勢や市場の変化、技術革新によるコストダウンで低下価格が可能となることが予想される。

表 7.3.4 事業化時の低炭素電力システムの販売価格 (案)

区分	仕様		価格	備考
業務用	単相	LiB 35 kWh PV 20 kW	230 万円/Unit	LiB 6.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW
産業用	三相	LiB 84 kWh PV 100 kW	940 万円/Unit	LiB 10.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW

これら価格と制作可能 Unit 数から、業務用と産業用が 1 : 1 の比率で普及したものとして低炭素電力システムの事業規模及び CO<sub>2</sub> 排出量削減効果、資源投入量削減効果、廃棄物発生量の削減効果を算出した。

## A 事業規模

表 7.3.5 2030 年に向けた低炭素電力システムの販売台数及び売上高（試算値）

年度	区分	価格 (万円/Unit)	販売台数 (Unit)	売上高 (億円)
2025 年	業務用	230	480	11.0
	産業用	940	480	45.1
	計		960	56.1
2030 年	業務用	230	1,500	34.5
	産業用	940	1,500	141.0
	計		3,000	175.5

## B CO<sub>2</sub> 排出量削減効果

表 7.3.6 2030 年に向けた低炭素電力システムの CO<sub>2</sub> 排出量削減効果（試算値）

年度	区分	CO <sub>2</sub> 排出量削減効果 (t-CO <sub>2</sub> /Unit・10 年)	販売台数 (Unit)	CO <sub>2</sub> 排出量削減効果 合計 (t-CO <sub>2</sub> /10 年)
2025 年	業務用	10.8	480	5,168.5
	産業用	50.8	480	24,402.5
	計			29,571.0
2030 年	業務用	10.8	1,500	16,151.6
	産業用	50.8	1,500	76,257.8
	計			92,409.4

## C 資源投入量の削減効果

表 7.3.7 2030 年に向けた低炭素電力システムの資源投入量の削減効果（試算値）

年度	区分	資源投入量削減効果 (t/Unit・10 年)	販売台数 (Unit)	資源投入量削減効果 合計 (t/10 年)
2025 年	業務用	2.2	480	1,050.5
	産業用	10.0	480	4,816.3
	計			5,566.8
2030 年	業務用	2.2	1,500	3,282.9
	産業用	10.0	1,500	15,051.0
	計			18,333.9

## D 廃棄物発生量の削減効果

表 7.3.8 2030 年に向けた低炭素電力システムの廃棄物発生量の削減効果（試算値）

年度	区分	廃棄物発生量 削減効果 (t/Unit・10年)	販売台数 (Unit)	廃棄物発生量 削減効果 合計 (t/10年)
2025年	業務用	2.0	480	966.0
	産業用	9.6	480	4,605.1
	計			5,571.2
2030年	業務用	2.0	1,500	3,018.9
	産業用	9.6	1,500	14,391.0
	計			17,409.9

### 7.3.2 今後の課題

2030年に向けた普及計画で設定した目標を達成するための課題と対応策を表 7.3.9 に記す。

表 7.3.9 低炭素電力システムの普及に向けた課題と対応策

区分	今後の課題	対応策
技術面	三相化コストの低減	単相系統の疑似三相化 メーカーとの共同開発
	低炭素電力システムの信頼性確認	中期的な実証による検証
経済面	リユース LiB の寿命延長効果測定	中期的な実証による検証
	多様な EV, PHV での実証	リーフ以外の EV, PHV での検証
	リユース品利用における保証スキーム	リース会社との連携によるビジネスモデルの検討
	初期の設備投資費用の軽減	
	短期利用にマッチしたビジネスモデル構築	EV 車を利用した増設・減設・移設化
	廃 LiB の調達	自動車解体業者、メーカーの自主回収スキームを活用した廃棄回収ネットワークの構築
その他	非稼働日の余剰電力対策	余剰電力の売電

今回の実証事業においては多くの知見を得ると同時に、事業化における多くの課題が明らかになった。これら課題は独力で克服するのではなく、LiB や PV モジュールの製造・販売事業者、リース会社等の他事業者と連携し克服していくことが最善であると考えられる。

また、低炭素電力システムがターゲットとする中小規模事業者は、家庭電源市場とメガ発電所市場の隙間で競合の少ないニッチ市場であることから、他事業者と連携して展開していくことは十分可能性があると考えている。

なお、検討において挙げられた課題の中でも重要な事柄を以下に記す。

## A 短期利用（3年間）にマッチしたビジネスモデル

〔課題〕ロードサイド型の店舗や建設現場の仮設事務所においては、設備の償却期間 3 年間で求められている。それ故、償却期間 3 年の終了後、他所へ移設可能な設備構成が求められる。

〔対応策〕LiB 部分を定置固定型とせず、EV の形で利用することにより、LiB の増設・減設・移設が容易となると同時に、償却期間終了後は他所に移設が可能である。そのイメージを図 7.3 に記す。

## B 三相用（産業用）パワーコントローラーコストの削減

〔課題〕現在、三相用パワーコントローラーは商品化・量産化されておらず、受注生産のため機器価格が極めて高い。工場向けの三相仕様として低炭素電力システムを普及させていくためには三相用パワーコントローラーに相当する箇所のコスト削減が必要不可欠である。

〔対応案〕本実証事業において、単相系統から三相系統への給電が見受けられたことから、三相機器への電力を単相用機器で給電する方法が考えられる。これを実現するうえで想定される技術的課題として、3 つの相に均等に給電する仕組み（疑似三相化）の開発が必要と考えられる。そのイメージを図 7-3-6 に記す。

また、現在、AC 変換不要な PV 発電(DC) 入力、蓄電 (DC) が可能なパワーコントローラーが販売されつつある。今後、メーカーと共同で三相用パワーコントローラーを開発することで、コストの削減のみならず、AC から DC への変換、DC から AC への変換に伴う充放電時のロス を大幅に削減することが可能になると考えられる。

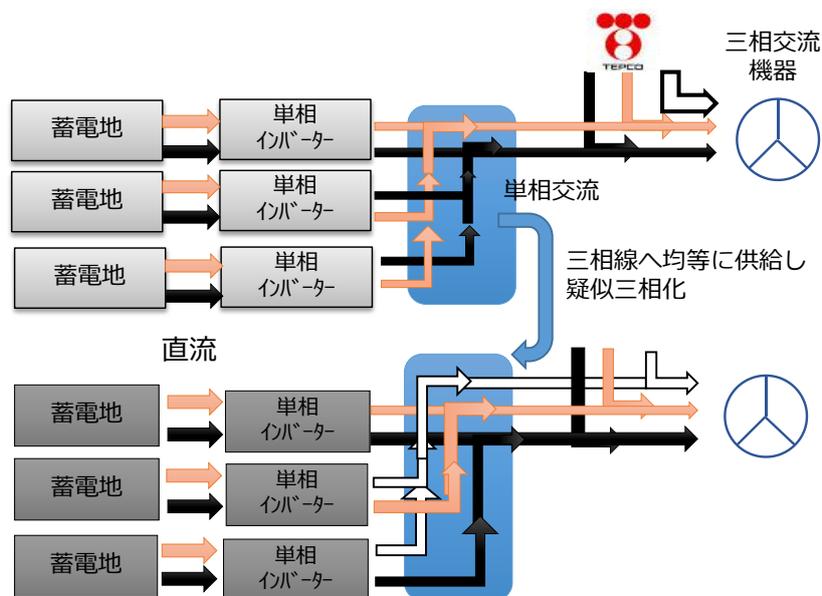


図 7.3.6 疑似三相化の開発イメージ

## 第8章 まとめ

本実証事業では、リユース EV 蓄電池（LiB）とリユース太陽電池モジュール（PV）を活用した「低炭素電力システム」を今回初めて株式会社啓愛社栃木リサイクルセンター内に設置・構築し、リユース品使用における品質の確保及び経済的合理性の面から以下の検証を行った。

- 第3章 リユース EV 蓄電池（LiB）の簡易な選別分類手法の確立  
リユース EV 蓄電池（LiB）のシステム化手法の確立  
リユース EV 蓄電池（LiB）の蓄電容量のリカバリー手法の確立
- 第4章 リユース太陽電池モジュール（PV）の簡易な選別分類手法の確立  
リユース太陽電池モジュール（PV）のシステム化手法の確立  
リユース太陽電池モジュール（PV）のリカバリー手法の確立
- 第5章 経済的合理性（構築した低炭素電力システムの経済的効果）
- 第6章 環境負荷低減効果の検証
- 第7章 事業実現可能性等の検証

この第8章ではこれら検証事項とその成果に関し総括的に報告する。

## 8.1 本実証事業の成果

2030年の温室効果ガス排出削減目標の達成に向けて、ガソリン車やディーゼル車に替わる次世代自動車の1つであるEVが世界的に普及しつつある。しかし、EVは発売から5年以上経過しており、廃車や交換等で生じる使用済みLiBの数が今後増加することが予想されている。また、PVモジュールもFIT終了後の2030年頃には大量排出が予想されていると同時に自然災害による災害廃棄パネルが近年増大しつつあるが、その中にはリユース可能なPVモジュールが含まれている。

本実証事業では、発電を行わせるPVモジュールにリユース品を用い、また発電した電力を蓄えるLiBにはEV用に使用されたリユースLiBを定置利用した発電・蓄電システムである低炭素電力システムを構築した。

このようなシステムは、従来の社会システムに無かったものであり、経済的合理性や品質面の課題が残されていることから今回の実証事業においては、表8.1.1に記すような経済的合理性とリユース品使用における品質の確保の2点について検証した。

表8.1.1 本実証事業における検証項目

検証事項	具体的な検証項目	
経済的な合理性	設備投資及び使用電気料金の低減効果の検証	
リユース品使用における品質の確保	LiB	・ 同一仕様品を大量に確保できないため、多種多様な仕様品を利用する技術の確立 ・ リユース品の簡易な選別分類手法の確立
	PVモジュール	・ 同一仕様品を大量に確保できないため、多種多様な仕様品を利用する技術の確立 ・ リユース品の簡易な選別分類手法の確立

### 8.1.1 手法の検証\_リユース品使用における品質の確保

#### (リユースEV蓄電池(LiB)の簡易な選別分類手法の確立)

廃車となった日産リーフ3台を試験車両として用い、LiB簡易な選別分類手法を確立するため、車両用故障診断装置を用いる手法と充放電試験装置を用いる方法で比較・検証を行った。

- ・ 工程1 車両用故障診断装置によるLiB再利用診断
- ・ 工程2 LiBパック取出し(分解)
- ・ 工程3 LiBモジュール取出し
- ・ 工程4 LiBモジュール容量測定

検証の結果、リユースEV蓄電池(LiB)の容量を把握する手法は、車両用故障診断装置と充放電試験装置から得られた測定結果が誤差7%(有意差無し)であったこと、EV及びLiBを分解せずに把握できることから、車両用故障診断装置の利用が有効であることが確認された。

### **(リユース EV 蓄電池 (LiB) のシステム化手法の確立)**

簡易な選別分類工程で残容量 70%以上と判定された LiB パックを用いて低炭素電力システムを構築するために、EV から充放電部品のみを取出す作業工程の検証を行った。検証に際しては車載している充放電関連部品を流用することで安価かつ安全性を確保した。

なお、検証を通じてリーフの初期型と中期型との間では、システム構成が異なり車載の充放電部品と LiB との間に互換性が無いことが判った。

### **(リユース EV 蓄電池 (LiB) の蓄電容量のリカバリー手法の確立)**

EV で使用されていた LiB パックを定置活用 (リユース) するうえで、蓄電容量が低下した LiB パックの回復するための手法を、以下 4 工程を通じて検証を行った。

- ・ 工程 6 グレーディング
- ・ 工程 8 LiB パック組込み
- ・ 工程 7 リビルト

検証の結果、各 LiB モジュールの容量を専用の充放電試験装置で測定し、各モジュール間のセル電圧のバラツキが非常に少なく、全モジュールが均等に容量低下していることが判った。上記試験の結果、蓄電池容量が低下した LiB パックの一部のモジュールを交換しただけでは容量は回復しないため、パックそのものの交換が合理的であることが判った。また、日産リーフの LiB パックの容量評価を通して得られた知見から、グレーディングを行う際の診断法として 3 方法を検討した。

提案 1. 車両用故障診断装置 CONSULT 活用による方法

提案 2. 専用評価装置による方法

提案 3. 専用評価装置による方法 (V2H に放電測定機能を追加する方法)

### **(リユース太陽電池モジュール (PV) の簡易な選別分類手法の確立)**

PV モジュールのリユース可否の判断は STC 時の発電量を指標として選別する。高価なソーラーシミュレーターを用いず、市販されている IV チェッカーの有効性の検証を行った。検証に際しては、入手した 251 枚に対し実施し、STC 発電量を PV パネルの定格値に対するシミュレーション値の割合でランク分けし、上位 4 ランク (50%以上) の 202 枚 (リユース率 80.5%) をシステム用に適用した。

検証の結果、リユース可否の判断を簡単な治具に太陽光パネルを固定し現場で簡便に評価できること、不良パネルが予め選別できるため輸送するムダが削減できることから、IV チェッカーを利用することが有効であることが確認された。なお、今回の検証では曇りの日が多かったため、判別精度については今後の確認する課題が残されている。

- ・ 工程 1 外観検査
- ・ 工程 3 STC シミュレーション (IV 特性検査)
- ・ 工程 2 断線検査

表 8.1.2 使用済み PV モジュール 251 枚の検査結果

ランク	STC 出力比 STCP max/定格	選別結果	
		枚数	リユース率
A	81%～	124 枚	80.5%
B	70.0%～80.9%	43 枚	
C	60.0%～69.9%	21 枚	
D	50.0%～59.9%	14 枚	
E	40.0%～49.9%	5 枚	***
F	0.0%～39.9%	10 枚	***
H	破 損	34 枚	***
計		251 枚	100.0%

#### (リユース太陽電池モジュール (PV) のシステム手法の確立)

PV モジュールの簡便な選別・分類工程でランク分けされた PV モジュール 202 枚に対し一定の手順でストリングス形成を行った。なお、IV 特定測定で C,D ランクと評価された PV モジュール 35 枚をあえて No8,9 のストリングスに集め本実証試験を行った。

C、D ランク品のリユースは設置上のスペース効率が約 60%と低下するが、設置スペースに余裕があり安価に設置できるならば、C、D ランク品を導入することを推奨する。

#### (リユース太陽電池モジュール (PV) のリカバリー手法の確立)

PV モジュールの発電性能の低下の原因の一つに PV モジュールとフレーム間のリーク電流により生じる PID 現象がある。この発電性能低下品用に開発された PID リカバリー機器の有効性を検証した。

検証にあたっては、選別分類工程でランキング分けされたものの中から PID 対策が施されていない製造年代である 2013 年以前のパネルで発電性能低下が著しい C ランクと D ランクの 12 枚を対処とし、約 81 日（夜間）処理を行った。

検証の結果、12 PV モジュールのうち 10 PV パネルで出力が平均 21%向上し、総発電力 (W) で 6%増、リユース率（廃棄物削減）は 4%増が見込めることが判った。

(補足) PID : Potential Induced Degradation

PV モジュール内における漏れ電流の発生や Na+イオンの移動等の要因によりモジュールそのものの発電性能がすることを言う。更には、一般には、長期暴露に伴う「環境要因による性能の低下」とは明確に区別し、高電圧によって誘起される「電圧誘起による低下」の総称であるとされている。なお、2013 年以降に生産された PV モジュールには PID 対策が施されている。

## 8.1.2 経済的合理性の検証

### (構築した低炭素電力システムの経済的効果)

本実証事業における低炭素電力システムの稼働期間が短かったことから、電力削減効果に関しては、太陽光の入射量が年平均の73%程度である1月のデータを用いて試算した。

年間約69万円(工場内電力使用量の24%)の削減であるが、更に削減を進めていくためには以下3点の方策が必要と考えられる。

- 1) 蓄電池(LiB)側の充放電モード設定の最適化
- 2) AC ⇄ DC変換、パワーコントローラーの消費電力等による充放電ロスの低減化
- 3) 蓄電池(LiB)用の三相パワーコントローラーの設置

表 8.1.3 啓愛社栃木リサイクルセンターにおける電力料金削減効果(試算値)

区 分	電力代	備 考
低炭素電力システム設置前	2,908.3 千円/年	***
低炭素電力システム設置後	2,210.3 千円/年	***
電気料金削減効果(試算) ※工場全体の24%	698.0 千円/年	・ ピークカット効果 218.0 千円/年 ・ PV発電による電力削減効果 600.0 千円/年 ・ 充放電ロス -120.0 千円/年

表 8.1.4 に新品で設置した場合と低炭素電力システム設置の場合との価格を記す。LiB 83 kWh, PV 50 kW 仕様で設置した場合、約 2.3 倍の価格差がある。しかし、設備投資に対し、電力料金削減効果による費用回収期間が 10 年以上と長くなる。これは設備費用のうち V2H や PCS 等の接続機器が 58% 近くを占めることが起因している。

また、リユース LiB やリユース PV の排出場所や調達方法、付属する充放電機器のコスト見直し等によりコストの増減が予想されたため、普及に向けて今後更なるビジネスモデルの見直しや技術開発が求められる。

表 8.1.4 新品と低炭素電力システムの価格差

区 分		新品販売価格	低炭素 電力システム	価格差
LiB関係	83 kWh	設備総価格	15,930 千円	9,874 千円
		1kWhあたりの価格	192 千円	119 千円
PV関係	50 kW	設備総価格	9,000 千円	4,391 千円
		1kWあたりの価格	180 千円	88 千円
価格計		24,930 千円	10,665 千円	14,265 千円

### 8.1.3 環境負荷低減効果の検証

#### (システムの基本構成)

リユース LiB・リユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムの導入による環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果とそのライフサイクルまで考慮して評価し、同定した。本実証事業で構築した低炭素電力システムは、電力需要家側のニーズに応じてリユース LiBおよびV2Hは増設されていく。

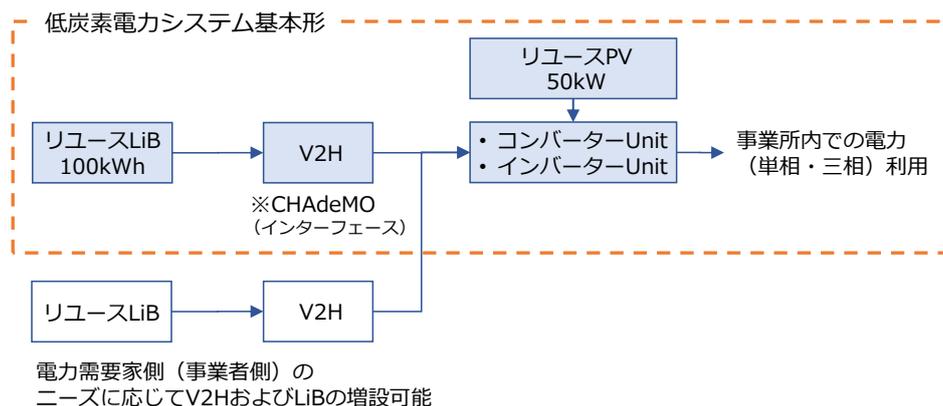


図 8.1.1 低炭素電力システムの構成

#### (バウンダリー及びベースライン)

環境改善効果及び CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価・同定において、バウンダリー及びベースラインを図 8.1.2 のとおり設定し比較を行った。

#### • ベースライン

- ① LiB、PV モジュールが個別に使用され、そのライフサイクル終了後に廃棄・リサイクルされているケース
- ② 新品を活用し「PV 発電+LiB 蓄電」を行っているケース

#### • 低炭素電力システム

リユース LiB、リユース PV モジュールを活用

ベースラインは、LiB、PV モジュール共にそれぞれライフサイクル後に廃棄・リサイクルされているケースとそれぞれ新品で太陽光発電、蓄電を行っているケースに対し、それぞれがライフサイクル途中で廃棄されたもののうちリユース可能なものを転用したケースを比較した。

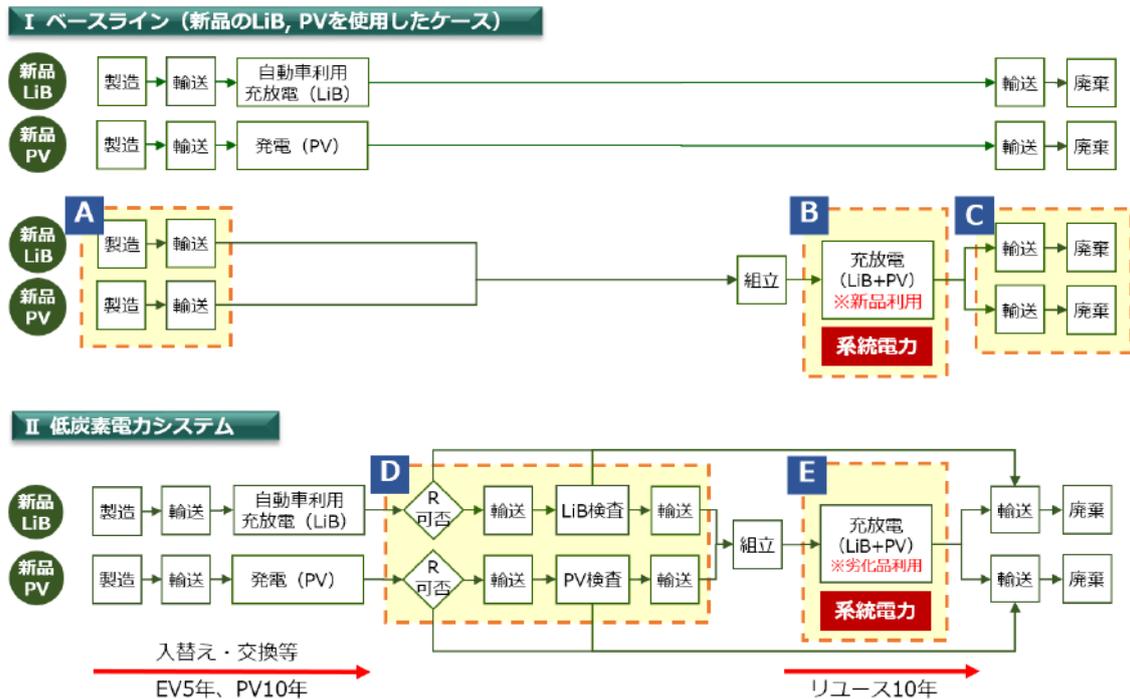


図 8.1.2 ベースラインとバウンダリー

低炭素電力システム 1 Unit を 10 年間稼働させた際の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果は 26.4 t-CO<sub>2</sub>/10 年、資源投入量は 5.3 t/10 年、廃棄物発生量は 4.9 t/10 年の削減に繋がることが判った。

### (低炭素電力システムにおける資源循環率)

資源循環率(以下リユース率)は、どの程度まで性能低下した物がシステムの品質(稼働保証)、経済性(費用対効果)に適合するのかの判断に委ねられる。LiB の場合、LiB の性能低下に伴い新品と交換され排出される(A ケース)、廃車から外されて排出される(B ケース)、様々な排出形態があるため、リユース率の分母をどう判断するか議論の余地が残されているが、次世代車が普及する 2025 年以降は B ケースが主要となる。

A ケースの場合) LiB ユニット単体に対するリユース率は 100%、

リビルド品利用の場合は 88% (48 モジュール中 10 モジュール交換の場合)

B ケースの場合) リーフ総重量に対するリユース率は 34.4%

PV の場合は、モジュール単体でのリユース可否であり、本実証で調達した PV モジュール 251 枚を検査し、STC 出力比 50%以上の 202 枚を試験用に利用したため、リユース率は 80.5%であった。

また、本実証事業全体でのリユース率は以下のとおりであった。

C) リーフ総重量を分母、リユースパーツを分子にした場合・・・34.4 %

D) システム総重量を分母、PV+LiB (+パワコン) のリユース部分を分子にした場合・・・82.8 %

## 8.2 事業実現の可能性等の検証

### 8.2.1 普及モデルの確定

低炭素電力システムを普及させていくためのターゲットユーザーとして、リユース品の利用を受入に寛容であること、競合が少ないこと、かつ規模がある郊外レストラン、ファミリーレストラン、コンビニエンスストア、建設現場の仮設事務所、工場などの中小規模事業者とし、市場調査から得られた導入要件をもとに表 8.2.1 に記す普及モデルを確定した。

表 8.2.1 低炭素電力システムの普及モデルの仕様・価格

区分	仕様	価格	備考
業務用	単相 LiB 35 kWh PV 20 kW	230 万円/Unit	LiB 6.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW
産業用	三相 LiB 84 kWh PV 100 kW	940 万円/Unit	LiB 10.0 万円/kWh PV 1.0 万円/kW

### 8.2.2 普及計画

#### (2030 年に向けた低炭素電力システムの普及計画)

現時点では廃 EV 由来の LiB パックの発生が 454 個/年と少なく、事業として成立しないが表 8.2.2 に記すように次世代車の廃棄が今後増加することは明らかである。

表 8.2.2 廃次世代車の本格的な発生台数

年度	発生台数	EV・PHV 比率
2025 年	約 50 万台	15%
2030 年	約 120 万台	20%

出典：自動車工業会資料

そこで 2030 年に向けたリユース LiB 及びリユース PV モジュールを活用した低炭素電力システムの普及計画を 8.2.3 のとおり試算した。

なお、リユース PV 及びリユース LiB の調達において、専用便による大量輸送、小ロット輸送用の専用容器の導入、自動車メーカーの自主的回収スキームと混載した LiB 回収ネットワーク構築などにより、輸送コストを低減し事業性を高めていく。

表 8.2.3 2030 年にむけた低炭素電力システム普及計画

年度	廃次世代車 ×EV/PHV率	低炭素電力システム事業規模		環境改善効果			
		普及数 (Unit)	事業規模 (億円)	CO <sub>2</sub> 排出量削減 (t-CO <sub>2</sub> /10年)	資源投入量削減 (t/10年)	廃棄物発生量削減 (t/10年)	
2020年	1万台	・低炭素電力システムの試験導入 ・廃LiBの回収・調達体制構築 ・技術的課題の解決に向けた開発・検証					
2025年	7.5万台	普及	960	56.1	29,571.0	5,866.8	5,571.2
2030年	24.0万台	普及拡大	3,000	175.5	92,409.4	18,333.9	17,409.9

### 8.2.3 今後の課題

2030 年に向けた普及計画で設定した目標を達成するための課題と対策を表 8.2.4 に記す。

表 8.2.4 低炭素電力システムの普及に向けた課題と対応策

区分	今後の課題	対応策
技術面	三相化コストの低減	単相系統の疑似三相化 メーカーとの共同開発
	低炭素電力システムの信頼性確認	中期的な十署による検証
経済面	リユース LiB の寿命延長効果測定	中期的な実証による検証
	多様な EV, PHV での実証	リーフ以外の EV, PHV での検証
	リユース品利用における保証スキーム	リース会社との連携によるビジネスモデルの検討
	初期の設備投資費用の軽減	
	短期利用にマッチしたビジネスモデル構築	EV 車を利用した増設・減設・移設化
その他	廃 LiB の調達	自動車解体業者、メーカーの自主回収スキームを活用した廃棄回収ネットワークの構築
その他	非稼働日の余剰電力対策	余剰電力の売電

今回の実証事業において多くの知見を得ると同時に、事業化における多くの課題が明らかになった。これら課題は独力で克服するのではなく、LiB や PV モジュールの製造・販売事業者、リース会社等の他事業者と連携し克服していくことが最善であると考えている。

また、低炭素電力システムがターゲットとする中小規模事業者は、家庭電源市場とメガ発電所市場の隙間で競合の少ないニッチ市場であることから、他事業者と連携して展開していくことは十分可能性があると考えている。

なお、リユースが終了した PV の廃棄に関しては、ガラス再資源化協会及びその構成メンバー企業において既に適切なリサイクル体制を構築しており、リユースが終了した LiB も上記体制を利用し合理化する予定である。

最後に、普及計画の検討において挙げられた課題の中でも重要な事柄を以下に記す。

#### **A 短期利用（3年間）にマッチしたビジネスモデル**

〔課題〕ロードサイド型の店舗や建設現場の仮設事務所においては、設備の償却期間 3 年間で求められている。それ故、償却期間 3 年の終了後、他所へ移設可能な設備構成が求められる。

〔対応策〕LiB 部分を定置固定型とせず、EV の形で利用することにより、LiB の増設・減設・移設が容易となると同時に、償却期間終了後は他所に移設が可能である。

#### **B 三相用（産業用）パワーコントローラーコストの削減**

〔課題〕現在、三相用パワーコントローラーは商品化・量産化されておらず、受注生産のため機器価格が極めて高い。工場向けの三相仕様として低炭素電力システムを普及させていくためには三相用パワーコントローラーに相当する箇所のコスト削減が必要不可欠である。

〔対応策〕本実証事業において、単相系統から三相系統への給電が見受けられたことから、三相機器への電力を単相用機器で給電する方法が考えられる。これを実現するうえで想定される技術的課題として、3 つの相に均等に給電する仕組み（疑似三相化）の開発が必要と考えられる。

また、現在、AC 変換不要な PV 発電(DC) 入力、蓄電 (DC) が可能なパワーコントローラーが販売されつつある。今後、メーカーと共同で三相用パワーコントローラーを開発することで、コストの削減のみならず、AC から DC への変換、DC から AC への変換に伴う充放電時のロスを大幅に削減することが可能になると考えられる。