

2023年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る助成事業

EVの電池循環を支援する価値顕在化・流通システムの構築

報告書

2024年3月25日
カウラ株式会社

担当者連絡先

担当者名： 仲田 太郎

電話番号： 090-3862-4078

メールアドレス： tnakata@kaula-lab.com

はじめに

項目	内容
事業背景	EV電池の循環市場形成には情報流通の仕組みが必要であるが、電池は進化の途上にあり単なる情報共有は困難である。電池価値を最大化し、解体/リユース/リサイクル業界が参入可能な市場構築が求められている。
事業概要	電池価値顕在化のための電池性能取得作業とカーボンフットプリント（CFP）管理を効率化するAI/IoTアプリケーション、および電池価値の流通プラットフォームを開発する。
2023年度実施内容と事業成果	<p>本年度は電池の循環市場における重要な役割となる電池回収業者を中心に、非中央集権的でさまざまな組織との連携を想定した情報連携プラットフォーム構築のためのユースケース分析とシステム設計、実証環境の構築を実施した。また、電池回収からリユース・リサイクルまでの業務フローを設計したうえで設備導入、業務遂行の効率化のためのアプリケーション開発を実施し、実物の電池を用いた検証を通して、作業効率・消費電力・排出物の分類別重量の計測を実施した。あわせて、リユース工程におけるCO2排出量の整理とリユースを想定した流通モデルの構築を実施した。</p> <p>上記の成果をもとに、当初設けた評価目標に沿った有効性・効率性の評価・考察を行い、本年度の目標範囲内での有効性が確認できた。検証を通してあきらかになった事業上の課題についても解決方針の検討をおこなった。</p>
今後の展開	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本年度構築した情報連携プラットフォームの利用者を排出業者・リユース・リサイクル・処分業者などに拡張し、利用シーン・ユースケースの分析、診断作業の効率化などユーザビリティ向上などを通じて利用者の拡大を図る。 ・ 電池管理モデルについて、ユースケースの対象アクターを拡大して分析と設計を実施する。 ・ CO2分析においても業務範囲を拡大し、複数の電池種類に対応したリサイクルプロセスにおけるCFP算定手法を開発する。

目次

1.	助成事業の計画	5
1.1	自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景	5
1.2	事業の実施内容	5
1.2.1	事業計画概要	5
1.2.2	事業の実施体制	7
1.2.3	事業の実施スケジュール	8
2.	助成事業の報告	10
2.1	助成事業実施結果	11
2.1.1	ユースケース分析	11
2.1.2	Battery Web	21
2.1.3	バッテリーパスポート	24
2.1.4	電池価値の流通プラットフォームシステム開発	27
2.1.5	電池価値顕在化の AI/IoT アプリケーション開発	46
2.1.6	電池回収・分解確認状況	50
2.1.7	CO2 排出量把握の準備	53
2.2	設備導入内容および稼働結果	57
2.2.1	アクトの設備導入状況	57
2.3	実施結果を踏まえた考察	61
2.3.1	Web3 プラットフォームの有用性	62
2.3.2	電池性能取得作業の効率化	66
2.3.3	CFP 算定の効率化	68
2.3.4	データ交換の効率化	70
3.	今後の実証事業実施における課題および解決方法等	75
3.1	現状の課題	75
3.2	課題の解決方法	76
3.2.1	情報流通プラットフォームの利用者の拡大	76
3.2.2	情報流通プラットフォームの利用シーンの拡大	77
3.2.3	情報流通プラットフォームの存続	77
3.2.4	分解・診断技術の実務への適用	78
3.3	次年度以降の助成事業展開	80
3.3.1	想定する事業の内容	80
3.3.2	設備導入内容	83
3.3.3	事業の実施体制	84
3.3.4	事業スケジュール	84

3.3.5	資金計画	86
4.	事業化の計画	86
4.1	想定する事業	86
5.	事業の評価	88
5.1	採算性の評価	88
5.2	有効性の評価	90
	用語集	91

1. 助成事業の計画

1.1 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景

世界的なカーボンニュートラルに向けた規制の強化によりハイブリッド車(HEV)/プラグインハイブリッド車(PHEV)含めた電気自動車(EV)への移行が確実となり、EV 電池の大量廃棄に対応した循環市場の早期形成が求められるようになってきた。また、使用済み EV に搭載された電池の多くが車両ごと海外に輸出されており、EV 電池の海外流出を抑制して国内での再生資源確保の促進も必須となってきた。

EV 電池の循環市場を形成するためには、電池価値を最大限顕在化して適切に電池価値を流通する仕組みが必要になる。この仕組みができれば、市場が拡大して電池価値の適正評価が進むだけでなく、どの EV の価値・資源がどのように流通したかも可視化できるようになる。

世界では循環市場と情報流通の仕組みを分けて構築する取り組みも進むが、電池のように情報価値の高い市場では、情報流通の仕組みを作るだけでは意義ある情報は集まってこない。このため、循環市場を形成したうえで、その情報をオープン化することで流通する仕組みが求められる。こうした市場の特性を考慮して、提案事業者らはこれまで BACE コンソーシアム (Battery Circular Ecosystem コンソーシアム。以下、BACE とする。)にて循環市場を形成するための電池価値の計測評価、および、サービス提供による市場化の検討を進めてきた。本事業では、これまで検討してきたソリューションを拡張し、情報をバリューチェーン関係者に流通していく仕組みとなる電池 IoT (Internet of Things)ソリューションのプラットフォームとなるシステムを構築する。

現在、EV 電池の取り扱い、価値の小さい廃棄物処理に手間をかけている状況にあるが、本事業の提供するシステムにより解体事業では電池が安定的に販売できるようになり、定置型等の他用途利用のリユース事業では高品質・低コスト操業が可能になり、リサイクル事業では電池情報を活用した高効率かつ高付加価値な再生材料生産が可能となる。これにより、電池の廃棄コスト負担の最小化を目指す。

1.2 事業の実施内容

1.2.1 事業計画概要

電池 IoT ソリューションのプラットフォームとなるシステムを構築するために、本事業では、電池価値を最大限顕在化して適切な電池価値を流通する IoT 型の電池価値計測評価のアプリケーション、および、情報連携して電池価値を多くの企業に提供可能とする基盤となるシステムを構築する。

(1) 電池価値顕在化の AI (Artificial Intelligence)/IoT アプリケーション開発： 定置型等の他用途リユース事業に向けて、電池特性を IoT デバイスで計測診断してネット上でデジタルツイン化し、ユースケースに応じて残存容量を最大限利用可能とし、CO2 管理をおこなうアプリケーションを開発する。

(2) 電池価値の流通プラットフォームシステム開発： 取得したデータを電池バリューチェーンで流通し、他のリユース企業やリユース電池利用企業などが活用可能な情報流通システムを開発する。

ただし、このようなシステムでは、どの事業者がどの製品を誰と売買したのか等の情報が運営管理者に筒抜けになる。管理者と売買事業者が競合であればこうした市場は成り立たない。一方、進化が止まらず、デファクトが見通せない電池業界で初期段階から標準的な市場を形成することは難しい。特に複数のスタンダードが構築された場合には、市場の連携が困難になる可能性が高い。

この課題を解決するために、本事業では Web3 を活用して複数のスタンダードが独自に流通をおこなう際にも、信用ある取引が当事者以外の第三者に個人情報等の秘匿情報の開示なしに連携して情報流通可能なプラットフォームを構築する。この際、使用済み電池は一品一様で相対取引にせざるを得ないが、Web3 によりさまざまなアプリケーションをまたがって取引可能とすることで、さまざまな電池価値を異なるスタンダードとなる市場間で自由に取引可能になり、市場の最大化が可能になる。

本事業本年度の実施内容は以下のとおり。

表 1 本年度の実施内容

初年度実施事項	実施内容/目標	実施期間
① ユースケース分析	<p>■内容：電池リユースに関わる事業者、およびデバイスが、電池価値に関するデータを、真正性を保証しながら他社を介さずに交換できるプラットフォーム（PF）とアプリのユースケースの分析</p> <p>■目標：PF：証明書の発行費用削減、アプリの開発工数削減 アプリ：電池価値情報および CFP（Carbon Footprint of Products）削減データ交換の効率化</p>	2023 年 4 月～6 月
② 流通モデル構築・CO2 分析・アプリ検討	<p>■内容：電池のバリューチェーンモデル構築し、各プレイヤーにおける診断評価・仕分け・各種計測をおこなって電池の価値把握。各プロセスでの CO2 削減効果を算定、CO2 算定アプリケーションの部分実装</p> <p>■目標：診断評価の効果算定、CFP 算定ロジックを具体化、アプリ化</p>	23 年 4 月～12 月
③ システム構造設計	<p>■内容：現実世界のエンティティが PF 上にデジタルツイン（DT）を作成し、PF 内の取引、および現実世界の取引との連携の実現</p> <p>■目標：DT 間で電池価値と CFP 削減データを送受信の実装</p>	23 年 6 月～9 月
④ システム開発	<p>■内容：システム構造設計に従って PF と Web アプリの開発</p> <p>■目標：ユースケース分析を通じて設定した目標の達成</p>	23 年 8 月～12 月

⑤ 設備（診断器, IF） 導入検討	■内容： 設備を選定・導入して検証し、インターフェース(IF)のアプリ要件の検討 ■目標： 短時間で評価できる診断設備を導入、現場での適切な利用管理をおこなう方法の具体化	23年4月～9月
⑥ 検証	■内容： PFの検証、アプリの検証 ■目標： ユースケース分析を通じて設定した目標達成の確認	23年12月～24年3月
⑦ 報告書とりまとめ	■内容： 各社で検討～試験内容を整理し、報告書のとりまとめ ■目標： 成果と課題が明確になるように整理	23年10月～24年3月

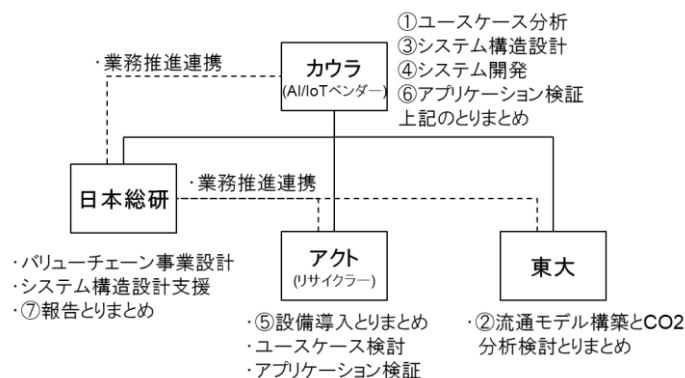
1.2.2 事業の実施体制

代表事業者、連携事業者の役割分担

表 2 実施体制

法人名	事業者の位置付け	当事業における役割（実施方法フロー図の通番/具体的役割）	
(A) カウラ(株)	代表事業者 AI/IoT ベンダー	実施事項①、③～⑦	①、③、④、⑥の実施ととりまとめ、報告作成
(B) (株)アクト	共同事業者 リサイクラー	実施事項①、⑤～⑦	⑤の実施ととりまとめ、報告作成、①、⑥の担当
(C) 東京大学	共同事業者	実施事項②、⑦	②の実施ととりまとめ、報告作成
(D) (株)日本総合研究所	共同事業者	実施事項①、②、⑤～⑦	バリューチェーン事業検討と⑦のとりまとめ、各業務の連携と推進役

連携イメージ図



1.2.3 事業の実施スケジュール

本年度の実施スケジュールは上記 1.2.1 記載のとおり。2 年目と 3 年目は以下に示す。本年度の結果を踏まえ、次年度以降の実施内容の詳細化をおこなった。詳細については 3 章で触れる。

表 3 2 年目と 3 年目の実施スケジュール

2 年度実施事項	実施内容/目標	実施期間
⑧ ユースケース分析	<p>■内容：1 年目に引き続き本事業に関連する事業者、特に回収業者の前後の事業者へのヒアリングを実施し業務フローの精緻化とスマートフォン対応などユーザビリティの向上をおこなう</p> <p>■目標：実証参加アクターの増加、ユーザビリティ向上</p>	24 年 4 月～7 月
⑨ 電池管理モデルの構築	<p>■内容：電池価値に関するデータの利用シーンとユースケースの分析を行い、特に電池の価値判断に重要となる電池診断・履歴データ等の管理モデルを設計する</p> <p>■目標：電池に関するデータ管理モデル（電池管理モデル）の設計</p>	24 年 4 月～7 月
⑩ システム設計・開発	<p>■内容：⑧⑨の内容に従ってシステム設計・開発を実施する</p> <p>* 進捗状況の明確化のためタスクとして抽出</p>	24 年 8 月～12 月
⑪ CO2 分析・システム開発	<p>■内容：リサイクル段階の CO2 分析・算定手法を構築、実装する</p> <p>■目標：電池の種類に応じた複数のリサイクルプロセスの CO2 算定手法を実用可能とするシステムを開発する</p>	24 年 4 月～11 月
⑫ 設備導入	<p>■内容：バッテリー診断に用いる汎用治具の導入と診断アプリケーションの対応。バッテリー利用状況の履歴データの取得機能を開発する</p> <p>■目標：診断業務作業効率の向上、バッテリー履歴データの取得機能開発</p>	24 年 4 月～11 月
⑬ 検証	<p>次年度実施内容の詳細</p> <p>■内容：拡大したユースケースを実際の業務フローを通して検証する</p>	24 年 12 月～25 年 2 月

	■目標 ：ユースケース分析を通じて設定した目標達成を確認する	
⑭報告書とりまとめ	■内容 ：各社で検討～試験内容を整理し、報告書としてとりまとめる ■目標 ：成果と課題が明確になるように整理する	24年10月～ 25年3月
3年目実施事項	実施内容/目標	実施期間
ユースケース分析	■内容 ：アプリのユーザエクスペリエンス（UX）をARで改良する ■目標 ：フリート等の映像でクルマの電池情報が見られる	25年4月～6月
拡張UIの検討	■内容 ：現場の映像とバッテリー価値情報の表示方法を検討する ■目標 ：バッテリー価値の視認性と使い易さを向上させる	25年4月～5月
システム構造設計	■内容 ：拡張現実（AR：Augmented Reality）技術を導入する ■目標 ：現実・仮想の重ね合わせによりUXを改良する	25年6月～9月
システム設計	■内容 ：フリート等の映像とDTの電池情報を重ねて見られる ■目標 ：リース業者などが電池状態を容易に認識できる	25年8月～12月
AR設備導入	■内容 ：ARグラスの選定、システムとの接続、調整 ■目標 ：AR画像が違和感なく見られる	25年8月～10月
検証	■内容 ：エンドユーザ参加の実験とインタビュー ■目標 ：電池情報の見える化によるビジネスインパクトを確認	25年12月～ 26年3月
報告書とりまとめ	■内容 ：各社で検討～試験内容を整理し、報告書としてとりまとめる ■目標 ：成果と課題が明確になるように整理する	25年10月～ 26年3月

なお、本年度関係者会議の実施予定は以下のとおり。

表 4 本年度関係者会議実施予定

フロー図中の番号	実施目的	実施時期	出席者
(1)	キックオフ、スケジュールの確認、実施内容	2023年4月初	全事業者

	の確認	旬	
(2)	UC 分析結果の評価、アプリ、PF 構築の課題抽出	2023 年 6 月初旬	全事業者
(3)	電池流通モデルの検討評価、システム構造検討の共有	2023 年 7 月初旬	全事業者
(4)	PF の構造設計結果、設備管理 IF 要件の中間評価	2023 年 8 月中旬	全事業者
(5)	アプリの構造設計結果、設備管理 IF の要件評価	2023 年 9 月中旬	全事業者
(6)	PF、診断と CO2 分析アプリの中間評価とりまとめ	2023 年 11 月中旬	全事業者
(7)	診断と CO2 分析アプリの開発、PF 検証の中間評価	2023 年 12 月下旬	全事業者
(8)	PF の検証評価、アプリの検証の中間評価	2024 年 2 月初旬	全事業者
(9)	アプリの検証評価、最終とりまとめ	2024 年 3 月初旬	全事業者

2. 助成事業の報告

前章で提示した実施事項・スケジュールに沿って実施した事業結果を以下に報告する。報告は、重要トピックに沿った形とした。実施事項・実施スケジュールと本章の報告内容の関係は以下に示す。

表 5 実施事項と本章項目の関係

実施事項	本章での内容
① ユースケース分析	2.1.1 ユースケース分析
② 流通モデル構築・CO2 分析・アプリ検討	2.1.7 CO2 排出量把握の準備
③ システム構造設計	2.1.2 Battery Web 2.1.3 バッテリパスポート
④ システム開発	2.1.4 電池価値の流通プラットフォームシステム開発 2.1.5 電池価値顕在化の AI/IoT アプリケーション開発
⑤ 設備導入	2.1.6 電池回収・分解確認状況
⑥ 検証	2.2 設備導入内容および稼働結果

⑦ 報告書とりまとめ	2.3 実施結果を踏まえた考察 (本報告書全般)
------------	-----------------------------

2.1 助成事業実施結果

2.1.1 ユースケース分析

本プロジェクトの目的であるEVより排出される使用済みバッテリーの情報流通プラットフォームを構築するにあたり、使用済みバッテリーの流通に関わる業者へのヒアリングを実施し、現状の把握と情報流通プラットフォームに求められる機能を分析した。

2.1.1.1 ヒアリング

ヒアリング実施対象：

- バッテリー排出業者 … 自動車解体業者3社、自動車整備業者1社
(関東、関西、西日本ごとに有力な解体業者を選出。整備業者はEVの整備に注力している業者を選択した。)
- バッテリー回収業者 … 1社
(すでにリチウムイオンバッテリーの回収を実施しており、有効活用を検討している業者を選択した。)
- リユースバッテリー製造業者 … 2社
(すでにリユースバッテリー製品の開発を実施している業者を選択した。)

ヒアリングサマリー：

表6 ヒアリング：バッテリー排出業者A

ヒアリング内容	電動自動車(BEV)/PHEV/HEVの解体業務について
業務範囲について	車両の買い取り、解体、中古パーツの販売
EVの取り扱い規模	1~2台/月程度
解体作業について	<ul style="list-style-type: none"> ● 車両の解体で使用済みバッテリーを取り外すのに要する時間は1時間程度 ● 現状では特別な設備の準備はしていない ● 解体前のEV車両は野外で保管している。解体後の使用済みバッテリーは専用の保管庫で保管している
使用済みバッテリーの診断作業の有無	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在はバッテリーの診断は実施していない。有効な診断技術があれば利用したい
使用済みバッテリーの取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状、解体後の使用済みバッテリー処分はすべて自再協の回収システムに依頼している

	<ul style="list-style-type: none"> ● バッテリー回収業者へ車台番号、車両の型式、年式、走行距離の情報を提供することは可能 ● EVの状態での修理履歴や充電の履歴などを提供することはできない
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みバッテリーの状態や品質を確認できれば、中古パーツとして売買が可能になる。標準的な診断方法、基準が確立されることを期待している ● EV用バッテリーの特性上、過去の充電履歴や温度環境などの情報があればさらに詳細に状態が診断できると考えている ● バッテリーパックからさらに分解することも検討しているが、パックの構造や内蔵するセルの情報などは公開されていないものもあり、これらの情報公開も期待している ● EVの普及が進むと解体業者としては使用済みバッテリーの売買は重要なビジネスになると考えている ● 使用済みバッテリーの診断技術・基準の開発を期待している

表 7 ヒアリング：バッテリー排出業者 B

ヒアリング内容	BEV/PHEV/HEV の解体業務について
業務範囲について	車両の買い取り、解体、中古パーツの販売をおこなっている
EVの取り扱い規模	1台/月程度
解体作業について	<ul style="list-style-type: none"> ● 車両の解体で使用済みバッテリーを取り外すのに要する時間は1～1.5時間程度 ● 解体前に放電を実施している。放電の方法はさまざま ● 保管場所を含め現状では特別な設備を準備していない
使用済みバッテリーの診断作業の有無	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在はバッテリーの診断は実施していない

使用済みバッテリーの 取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ● ジャンク品扱いとしてネットオークションなどで売却することもあるが、基本的には自再協に回収を依頼している ● バッテリー回収業者へ車台番号、車両の型式、年式、走行距離の情報を提供することは可能 ● EV の状態での修理履歴や充電の履歴などを提供することはできない ● 中古バッテリーの診断ができるようになれば、中古パーツとして売買が可能になる ● 解体後の中古バッテリーの保管場所も必要なため、長期の保管はせずに処分・売却したい
--------------------	---

表 8 ヒアリング：バッテリー排出業者 C

ヒアリング内容	BEV/PHEV/HEV の解体業務について
業務範囲について	車両の買い取り、解体、中古パーツの販売をおこなっている
EV の取り扱い規模	2～4 台/月程度
解体作業について	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みバッテリーを取り外すのに要する時間は 0.5 時間程度 ● 解体前に放電を実施している。車両メーカーの指示がある場合はそれに従う ● EV 用バッテリーパックは年々大型化しており重量も増大傾向にある。将来的には専用の機材が必要になるだろう
使用済みバッテリーの 診断作業の有無	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在はバッテリーの診断は実施していない
使用済みバッテリーの 取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ● 自再協に回収を依頼している ● バッテリー回収業者へ車台番号、車両の型式、年式、走行距離の情報提供は可能。 ● EV の状態での修理履歴や充電の履歴などを提供することはできない
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みバッテリーの診断技術・基準の開発を期待している

表 9 ヒアリング：バッテリー排出業者 D

ヒアリング内容	BEV/PHEV/HEV の整備業務について
業務範囲について	BEV、PHEV などの点検・整備
EV の取り扱い規模	1～2 台/月程度
整備作業について	<ul style="list-style-type: none"> ● バッテリーパックを取り外すような整備の実績はない。すべて車両メーカー直営の整備工場で実施している模様 ● バッテリーパックを取り外すような整備をするなら、専用の機材・保管場所が必要になる
使用済みバッテリーの診断作業の有無	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在はバッテリーの診断は実施していない
使用済みバッテリーの取り扱い	<ul style="list-style-type: none"> ● 実績なし 仮に将来的にバッテリーパックの交換整備を実施した場合、バッテリーパックとともに搭載されていた車両の情報を提供することは可能。充電履歴などは難しいと予想する
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● EV のみならず一般的に独立系の整備工場が実施できる整備項目は減少傾向にある。それでも車両メーカーからの委託という形で実施することになるのではないか ● 商用車など交換目的で使用済みバッテリーを有価で取引するビジネスに期待しており、それらに必要な環境の整備に期待している

表 10 ヒアリング：バッテリー回収業者 E

ヒアリング内容	現在想定されている使用済みバッテリーの回収・診断・仕分け業務について
業務範囲について	使用済みバッテリーの回収、分解、診断、仕分け、リユースバッテリー製造業者への売却
想定業務フローのイメージ	<ul style="list-style-type: none"> ● 開始時点では、受注生産的な流れを想定している ● 使用済みバッテリーの確保を行い、リユースバッテリー製造業者からの受注を受けて診断・仕分けをおこなうことを想定している

使用済みバッテリーの購入単位	<ul style="list-style-type: none"> ● バッテリーパック単位を想定している ● それ以外（モジュールやセル）の単位の場合は車両情報などを確認できない可能性があるため購入できない ● 搭載されていた車両の型式・年式、走行距離の情報が必要
使用済みバッテリーの購入元	<ul style="list-style-type: none"> ● バッテリー排出業者（解体業者・整備業者）を想定している ● バッテリーメーカーからの試作品・不良品などの購入は現時点では想定していない
使用済みバッテリーの分解作業	<ul style="list-style-type: none"> ● 分解手順は独自に調査する ● 分解後のモジュール・セルの諸元情報は独自で調査する ● 分解後のバッテリーは顧客の要望に応じて測定・診断・仕分けをおこなう。将来的には定型的な測定内容、診断、仕分け基準を定めていきたいが、現状はリユースバッテリー製造業者の要望に沿って対応していくことになる ● 分解に必要な時間は、10分～6時間程度とバッテリーの大きさ・構造によってまちまち ● 仕分けの結果リユースできないバッテリーはリサイクル・廃棄業者に引き渡す ● 分解したバッテリーのモジュール・セル以外の部品についても分別してリサイクル・廃棄業者に引き渡す

表 11 ヒアリング：リユースバッテリー製造業者 F

ヒアリング内容	現在想定されている、使用済みバッテリーの回収・診断・仕分け業務について
業務範囲について	使用済みバッテリーの調達からリユースバッテリーの製造
想定業務フローのイメージ	<ul style="list-style-type: none"> ● 受注生産を想定している ● 使用済みバッテリーを調達し、リパックと BMS (Battery Management System) を装着したリユースバッテリーを製造・販売する
使用済みバッテリーの購入単位	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状は実証実験用途にバッテリーパックで購入しているが、将来的にはモジュール単位を想定している

	<ul style="list-style-type: none"> ● 搭載されていた車両の型式・年式、SoH (State of Health) の情報が必要 ● その他必要な情報として、内部インピーダンスなども考えられるが検討中 ● 将来的にグレーディング基準などが標準化されれば、それをもとに製造を効率化することができる ● 諸元情報やバッテリー特性が異なるため、調達するバッテリーの種類は絞り込むことになる
使用済みバッテリーの購入元	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みバッテリー回収業者を想定している ● 電池メーカーからの不良品なども将来的には考えられる
使用済みバッテリーのリパック作業	<ul style="list-style-type: none"> ● 調達した使用済みバッテリーは社内で再度検査する。充電率を揃えた状態での電圧計測などを想定している ● その後、社内ルールに従い仕分け・リパックをおこなう ● リパック後の製品に用いたもとのバッテリーの個体識別子や型式などの情報は内部的に管理をするが、公開する必要はないと考えている ● リパック作業に必要な時間は、リパック作業に1日程度、品質確認に数日程度必要
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 自社で診断・仕分けをおこなうことも可能だが、仕分けの結果リユースできないバッテリーの廃棄等の取り扱いが煩雑なため、再利用できるバッテリーだけを調達したい

表 12 ヒアリング：リユースバッテリー製造業者 G

ヒアリング内容	使用済みバッテリーのリユース業務について
業務範囲について	中古車載パックの調達、分解、リユース製品の製造・販売まで実施
全体の業務フローのイメージ	<ul style="list-style-type: none"> ● 受注生産
使用済みバッテリーの購入単位	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用済みバッテリーパックを調達している ● 購入時は車台番号が必須 ● 現状は1種類のバッテリーのみを取り扱っている

使用済みバッテリーの購入元	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状、解体業者・中古パーツ業者から購入
使用済みバッテリーのリパック作業	<ul style="list-style-type: none"> ● 自社独自の手法を開発して、分解・診断までおこなう ● 分解単位はモジュールまで ● 診断後の仕分けなども独自の測定項目と基準に従って実施している
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 調達時にバッテリーの状態を確認できず、底値で購入・調達して自社で確認せざるをえない。そのため、品質の確認方法の開発、品質に応じたリユース用途の開発をおこなう必要がでている ● 安定して一定の品質の使用済みバッテリーを調達できるマーケットプレイスの構築を希望する

2.1.1.2 ヒアリング結果の考察

現状は排出業者から排出される使用済みバッテリーはネットオークションなどを通して売却されるか、自再協回収システムを通して中間処理されていることが確認できた。



図 1 EV から解体された使用済みバッテリーのフロー概略図

各事業者は将来のEV普及に向けて、リユースに関する取り組みについて準備を始めていることも明らかになった。

バッテリー排出業者からは、EV から解体した使用済みバッテリーを適切に診断できれば、現

在の自再協の回収スキームに頼らずに付加価値をつけて売却したいとの要望が強かった。付加価値をつけるために必要な要素のひとつはバッテリーの状態（残存性能や安全性にかかわる品質）であり、なかでも新品時と中古時の満充電容量の比である SoH による評価が代表的である。SoH を計測するための一般的な手法は充放電法とされるが、計測に長時間を要するため、高速に推定するさまざまな方式が研究・開発されている。推定方法や特徴はそれぞれの手法で異なり、将来にわたってより多くの手法が開発されていくと予想される。また、リユース・リサイクルの現場で求められる計測単位・精度・速度に応じて適切な診断方法を選択して使い分ける必要があると考えられる。これらの技術・ノウハウ・情報をワンストップサービスとして提供し、情報連携が実現すれば、効率的な取引市場が形成されると考えられる。

リユースバッテリー製造業者からは、使用済みバッテリーの調達安定性と品質の確保に課題があり、一定品質の使用済みバッテリーが安定して調達できればリユース事業の拡大に寄与すると予想されることが明らかになった。また、サプライチェーン全体を通して、例えば、リユースできない使用済みバッテリーでも現状では入手・分解するまで状態を確認できないこと、リユースに適さない個体に対して無駄な流通コストがかかっていること、事業者間の情報連携ができずバッテリーの状態の計測・診断を業者ごとに実施しなければならないことなどの非効率性に関する課題が多く判明した。

他方、現状ではネットオークションなどで状態が判然としない使用済みバッテリーが取引されている事例が散見される。EV の普及とともに中古パーツとしての使用済みバッテリーの需要も増大すると考えられ、安全性に問題がある個体が流通・リユースされるケースも増加すると推測される。使用済みバッテリーを適切に管理し流通させることは環境面のみならず安全面からも重要で、EV 以外の用途に転用する場合の責任の所在を明らかにするうえでも、適切な品質管理と情報管理が必須である。

一部事業者では、取り扱う使用済みバッテリーを限定して有価での使用済みバッテリーの回収と独自の品質管理に基づいたリユースをおこなっており、ある程度の規模を確保できればリユース市場を形成する有望な事業モデルと考えられる。将来において、同様のモデルをとる事業者が複数参入することも想定し、本プロジェクトで構築する情報流通プラットフォームは可能な限りオープンな情報連携を目指して、世界的に標準的な技術の採用が重要である。

ヒアリング結果から顕在化した課題を整理し、「ロジスティクス」「業務分担」「診断技術」「情報共有」の4種類に分類した。

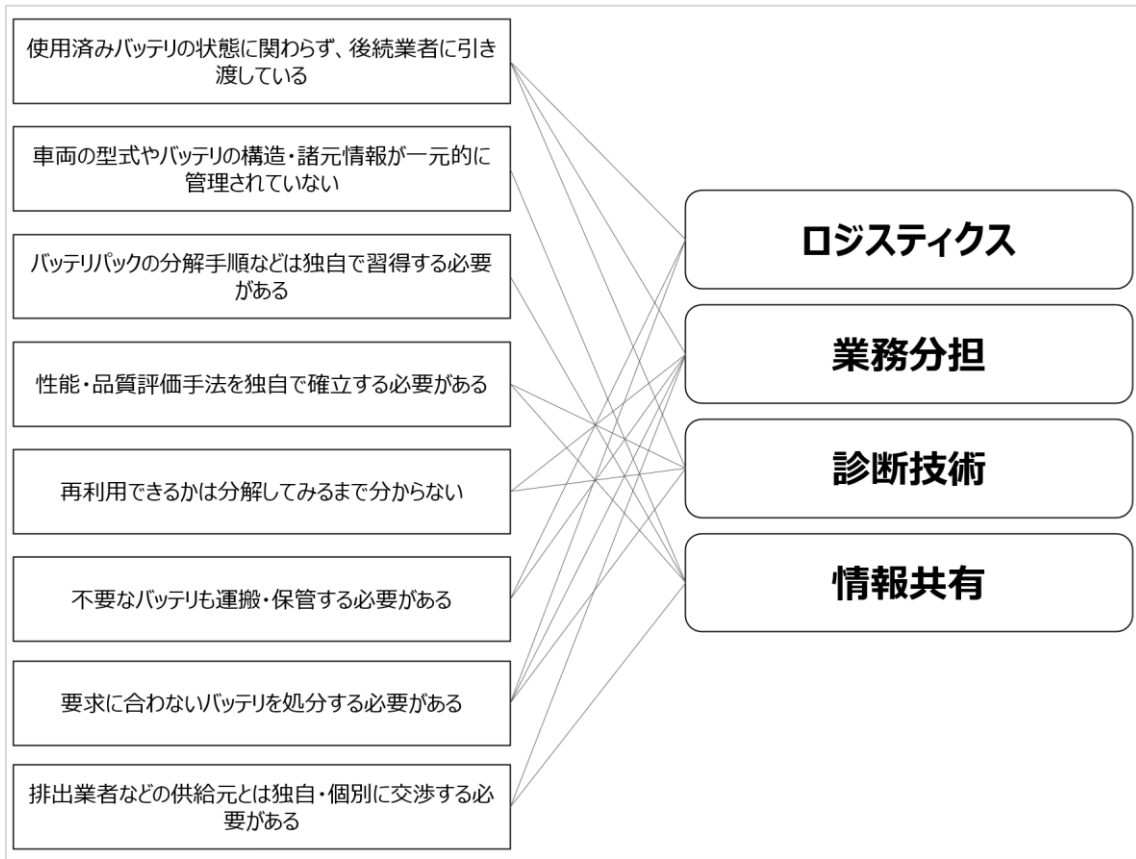


図 2 使用済みバッテリーリユース・リサイクル業務の現状における課題と分類

整理した分類をもとに検討・設計したリサイクル・リユース事業の想定業務フローを以下に示す。

○ **使用済みバッテリーのトレーサビリティの確保**

EV 解体後の使用済みバッテリーを識別し、リユース・リサイクルに仕分けられたバッテリーを記録すること。

○ **リユースバッテリー製造効率化のための情報連携**

使用済みバッテリーの型式や測定・診断結果を、流通プラットフォームを通じて連携すること。

○ **リユースバッテリーの品質確保のための情報連携**

リユースバッテリーの登録と透明性を確保すること。

上述した役割を担う機能を持つ情報流通プラットフォームを「Battery Web」と命名し、概要について次項で解説する。

2.1.2 Battery Web

2.1.2.1 Battery Web の概念

使用済みバッテリーはセルまで分解され、リユースまたはリサイクルのためにサプライチェーンの下流業者に引き渡される。分解処理の結果は個別のセルだけでなく、同一品質のセルをまとめたロット、モジュール、パックそのまま、外装品など多岐にわたる。これらさまざまな形体のモノの情報を資格証明書として、世界でただひとつの識別子（バッテリーパックの URI (Uniform Resource Identifier) にセルなどに対するローカルな識別子をつけたもの）をつけて発行、授受を可能にするのが本プロジェクトで開発するプラットフォームだが、この証明書にインターネット上でアクセスできるようにするのが Battery Web である。ネットワーク上に分散する証明書の URL (Uniform Resource Locator) とアクセス方法の仕様を定め、実際に動作するリファレンス実装 (RI: Reference Implementation) を開発した。証明書は真正性（発行者が本物であること）とインテグリティ（内容が改竄されていないこと）が保証され、非公開の証明書は権限があるもの同士が限定した内容を授受可能であり、公開の証明書は誰でも検索、閲覧できるようになっている。

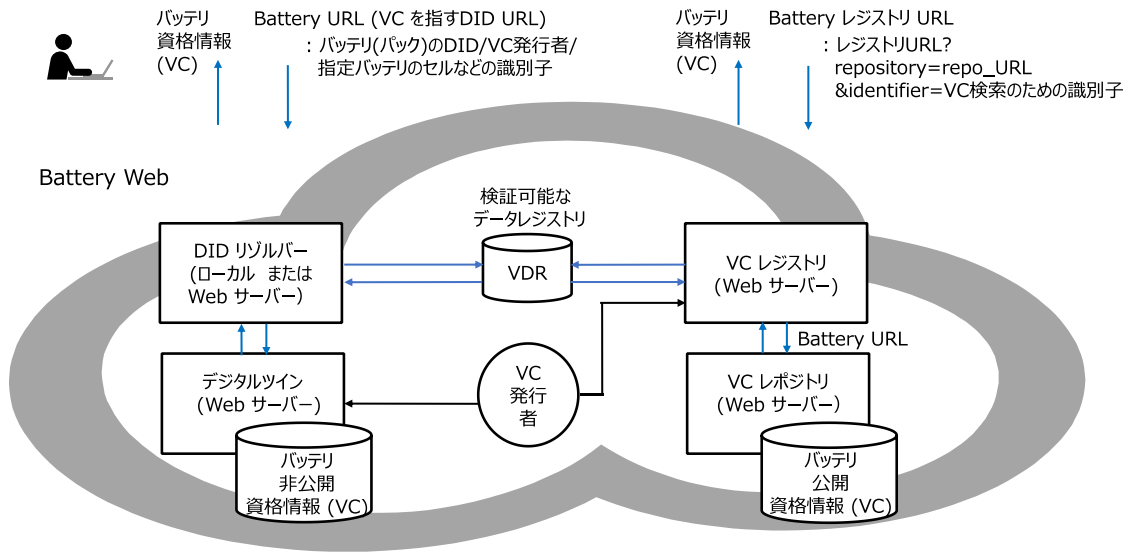


図 4 Battery Web の概念

2.1.2.2 システムアーキテクチャ

バッテリーの非公開資格情報 (VC : Verifiable Credential) は Battery URL をもとに当該資格情報の持ち主であるデジタルツインから直接入手する。Battery URL は、バッテリー (パック) の DID (Decentralized Identifier) に証明書の発行者の DID と情報の対象となるモノ (セルなど) のローカルな識別子をそれぞれ path として続けたものと定義した。バッテリー (パック) の DID を DID リゾルバに入力すると DID ドキュメントが得られ、そこから資格情報 (VC) にアクセスすることができる。DID URL からそれが指すリソース (今の場合は資格情報 VC) を得ることを DID URL Dereferencing と呼ぶ。

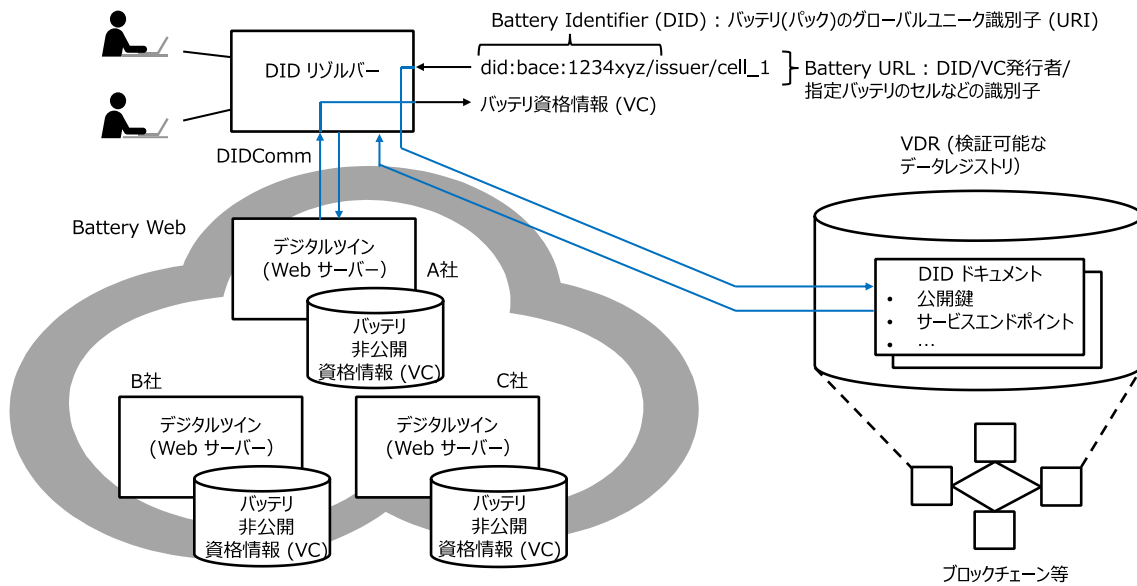


図 5 システムアーキテクチャ 1

バッテリーの公開資格情報 (VC) は VC レジストリ (Web サーバー) に登録することで、誰でも検索、入手できるようになる。VC レジストリの仕様は特に定めていないが、例えば通常の Web ブラウザに VC レジストリの URL を入力し、クエリパラメータで VC を保管する VC レポジトリと VC 検索のための識別子を指定すれば公開 VC が得られる。このシナリオについてはシステムを開発して動作を検証した。

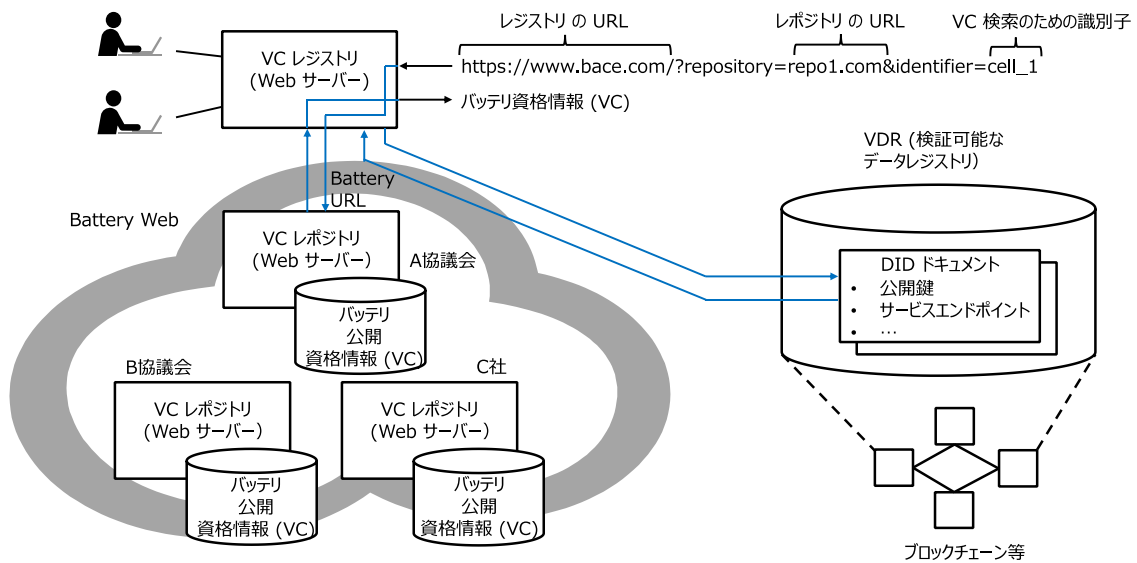


図 6 システムアーキテクチャ 2

2.1.2.3 準拠する Web3 標準

Battery Web は以下の標準に準拠している。

Decentralized Identifiers (DIDs) v1.0 (World Wide Web Consortium (以下、W3C とする) Recommendation)

Verifiable Credentials Data Model v1.1 (W3C Recommendation)

DIDComm Messaging v2.0 (DIF Ratified Specification)

2.1.3 バッテリパスポート

2.1.3.1 バッテリパスポートの概要

2023 年 8 月に発行された欧州連合 (以下、EU とする。) の「電池規則 (Regulation on batteries and waste batteries)」は 2019 年発表の「欧州グリーンディール (The European Green Deal)」が定める 2050 年までの温室効果ガス排出量ネットゼロ目標や経済成長と資源消費のデカップリングなどの目標達成に資する規則を定めている。EU 域内で蓄電池を販売する事業者、EU 加盟国に蓄電池を輸出する事業者、電池規制で役割や責任が定められた事業者は電池規則に従うことが要求される。また電池規則ではデジタル情報インフラで蓄電池の残存性能などの情報を管理することが義務付けられている。

電池規則は 14 章、96 の条項から成り、前文と付属書を含めると 537 ページと長大であるが、第 9 章と付属書 8 でデジタルバッテリーパスポートについて定めている。またバッテリーパスポートは電池規則単独の施策ではなく、EU が産業横断的におこなっているデジタル情報インフラ構築の一部となっており、2020 年発表の「サーキュラーエコノミー行動計画」下の個別規則である「持続可能な製品のためのエコデザイン規則 (ESPR: Ecodesign for Sustainable Products Regulation)」が定めるデジタルプロダクトパスポート (DPP: Digital Product Passport) の概念と合致している。

バッテリーパスポートは、ポータブルバッテリーから EV 用、産業用まで、大きさや形に関わらず EU 市場で売買されるすべての蓄電池を対象としている。蓄電池の残存性能などをデジタル情報インフラで管理し、二次元コードからアクセスできることが義務付けられている。管理するバッテリー情報は、製品モデル情報と個人情報両方だが、誰がどの情報にアクセスできるかは下表のように定められている。

表 13 バッテリ情報の公開・非公開

バッテリー情報	公開	非公開		
		正当な利益のある個人・法人	欧州委員会	公認機関・市場監視当局
製品モデル情報	1. (a) ~ (s)	2. (a) ~ (d)		-
		-		
個人情報		4. (a) ~ (d)	-	-

1. 公開される製品モデル情報

- (a) 一般情報（製造者名、バッテリー種別、製造場所、製造年月、重量、容量など）
- (b) 組成
- (c) カーボンフットプリント
- (d) 責任ある調達に関する情報
- (e) リサイクル情報
- (f) 再生可能物の割合
- (g) 定格容量（Ah）
- (h) 電圧（最小、公称、最大）と温度帯
- (i) 初期電力（W）
- (j) 残存寿命（サイクル）
- (k) EVに利用可能な容量の閾値
- (l) 許容温度範囲
- (m) 保証期間
- (n) 充放電効率（RTE：ラウンドトリップ効率）
- (o) 内部抵抗（セル、パック）
- (p) Cレート
- (q) マーキング要件
- (r) EU適合宣言書（DoC：Declaration of Conformity）
- (s) 廃バッテリーに関する情報

2. 正当な利益のある個人・法人および欧州委員会のみに関示される製品モデル情報

- (a) 組成の詳細
- (b) 部品のパーツ番号、交換部品の調達先
- (c) 解体に関する情報
- (d) 安全対策

3. 欧州委員会および公認機関・市場監視当局のみに関示される製品モデル情報

- ・電池規則を満たしていることを証明するテスト報告書

4. 正当な利益のある個人・法人のみに関示される個体情報

- (a) 性能および耐久性パラメータ（定格容量とその減少割合など）
- (b) ステートオブヘルス（SoH）
- (c) バッテリーの状態（新品、再利用、別目的に再利用、再生産、廃棄）
- (d) 利用情報（充放電回数、使用環境・温度、充電状態（SoC））

バッテリーパスポートに含まれる情報は、オープンスタンダードに則り相互運用性のあるフォーマットで保管され、ベンダーロックインのないオープンで相互運用性のあるデータ交換ネットワークを介して授受される。これを実現する情報インフラの設計および運用については第3章条項78で以下の要件が定められている。

- (a) バッテリーパスポートは他のデジタルプロダクトパスポートと相互運用性がある。
- (b) 利用者（消費者、事業者等）はバッテリーパスポートに無償でアクセスできる。その際、前述の情報種別ごとのアクセス範囲が守られる。
- (c) バッテリーパスポートのデータは該当する規則の順守に責任ある事業者が入力する。
- (d) バッテリーパスポートから入手したデータを本来の目的以外に利用してはならない。
- (e) バッテリーパスポートは運用事業者の存続に関わらず永続する。
- (f) バッテリーパスポートのデータへのアクセス、変更はそのデータに関して権限のある事業者に限定される。
- (g) データの認証、信頼性、インテグリティが保証される。
- (h) 高度なセキュリティとプライバシー保護が保証される。

2.1.3.2 実装例

電池規則ではバッテリーパスポートのデジタル情報インフラ（バッテリーパスポートシステム）の詳細な技術仕様は定められておらず、規則で定める要件を満たすシステムを民間企業が開発して提供するようになっている。ただしバッテリーパスポートシステムに期待される技術的方向性については欧州委員会から非公式に発信されており、それは自己主権型アイデンティティに基づく参加事業者のデータ主権を尊重するシステムである。つまり情報を提供する事業者はデータを中央のデータベースに送ることなく自社のサーバーに保管したまま許可する相手にのみアクセスを許すことができ、情報の利用者には真正性とインテグリティが保証される。

これを受け複数の事業者によりバッテリーパスポートシステムの開発が進行中である。例えばドイツのSpherity社はW3C DID/VC 標準に則りエコシステムの参加者が分散型ID（DID）を持ち、検証可能な資格情報（VC）として情報を授受できるシステムを開発している。

またモビリティ業界におけるブロックチェーン技術の推進と標準化をおこなうグローバルな非営利コンソーシアムのMobility Open Blockchain Initiative（以下、MOBIとする。）は独自開発したITN（Integrated Trust Network）/Citopia上でグローバルバッテリーパスポートシステム（GBPS）の開発に着手した。ITNはDID発行・検証インフラであり、Citopiaは物理世界のデジタルツイン（SSDT：Self Sovereign Digital Twin）同士がITNをトラストアンカーとして情報をVCとして授受できるサービスマーケットプレイスである。バッテリーパスポート情報を発行する事業者は自社のデジタルツインをCitopiaマーケットプレ

イスに置き ITN から識別子の発行を受け、識別子に対応する秘密鍵で署名した VC を受け手に送る。これにより受け手は情報の真正性（確かに発行者により発行されている）とインテグリティ（発行後改竄されていない）の確認が可能である。

2.1.3.3 本プラットフォームの立ち位置

本プラットフォームは上述のバッテリーパスポートシステムと同様に W3C DID/VC 標準に準拠している。参加者がデジタルツインを作成し、DID を発行し、DID に対応する秘密鍵で署名した VC をデジタルツイン間で授受する点も他の実装と共通している。VC のフォーマットはスキーマを定義することで用途に合った VC を作成できる。これは VC のオープン性による。

一方異なるのは、バッテリーパスポートは完成品としてのバッテリーを管理対象としているのに対して、本プラットフォームはクルマから解体分離されたバッテリーパック、それをさらに分解したセルやセルの集合（ロット）を対象としている。バッテリーのライフサイクルは製造から廃棄までと考えられるが、当プロジェクトは世代を超えて蓄電池を管理することを目指している。つまり新品バッテリーの製造から廃棄まではバッテリーパスポートシステム A で管理し、廃棄バッテリーを解体・分解・診断しセルやセル集合としてリユースバッテリー製造業者またはリサイクラーに渡すまでを当プラットフォームで管理し、製造されたリユースバッテリーは別の製品としてバッテリーパスポートシステム B で管理する流れとなる。当プラットフォームがバッテリーパスポートシステムとしても機能することは技術的には可能でありニーズがあれば対応できるが、国内外のさまざまなバッテリーパスポートシステムと連携して複数世代にまたがる Battery Web を構築することが循環経済を回すための喫緊の課題と考える。

別の視点として、自己主権型のデータ交換プラットフォームの設計・運用にはアーキテクチャ、プロトコル、Application Programming Interface (API) などの技術要件に加えてガバナンスフレームワークの策定が必須になる。これはビジネス、法務、技術に関する規約である。例えば、ビジネス：{参加資格、参加費、ビジネスモデル、紛争解決手段、組織運営}、法務：{司法管轄、法的責任範囲、会計・税務、知的所有権}、技術：{標準、ハードウェア/ソフトウェアベンダー選定、ユーザビリティ（日本語対応、アクセシビリティなど）}に関する規約が必要である。当プロジェクトではガバナンスフレームワークを日本国内の諸事情を考慮して自ら決定することができる。

2.1.4 電池価値の流通プラットフォームシステム開発

2.1.4.1 本年度実現した範囲

電池価値の流通プラットフォームシステム開発では、次の 2 つを開発することを目標とした。

- プラットフォームを使用する業務アプリケーション

- プラットフォームの相互運用性の仕様およびその実現

プラットフォームを使用する業務アプリケーションについて、本年度は以下を実行した。

- 想定シナリオの妥当性を検証するのに必要な機能の実現
- バッテリー回収業者のワークフローを中心にその前後を含めた業務プロセスを実行
検証項目に関わらない業務アプリケーションの機能の実現については最小限とし、ユーザビリティについては次年度以降の検証とした。

本年度検証した業務プロセスに現れるアクターは次のものである。

表 14 検証範囲のアクター

アクター	意味
自動車解体業者	廃車となる車両を入手し、その車載バッテリーパックを取り出し、排出する者
バッテリー回収業者	自動車解体業者からパックを購入し、モジュールやセルに分解・検品（測定・診断）して、販売する者
リユースバッテリー製造業者	バッテリー回収業者からモジュールやセルを購入し、バッテリーにして、販売する者
診断サービス提供者	バッテリーの SoH 等を高速に診断し、その診断結果を利用可能とするサービスを提供する者
バッテリー登録者	バッテリーを識別する DID ドキュメントの登録を代行し管理する者
ユーザ	公開された情報を参照する者。例えば、CFP の計算に必要な情報を収集する者が想定される

本年度検証では、最終製品製造業者は扱わなかった。

これら各アクターが全体の業務プロセスの中でどのようなアクション（ユースケース）をとるかを下に図示する。赤線はバッテリーの流通を示す。

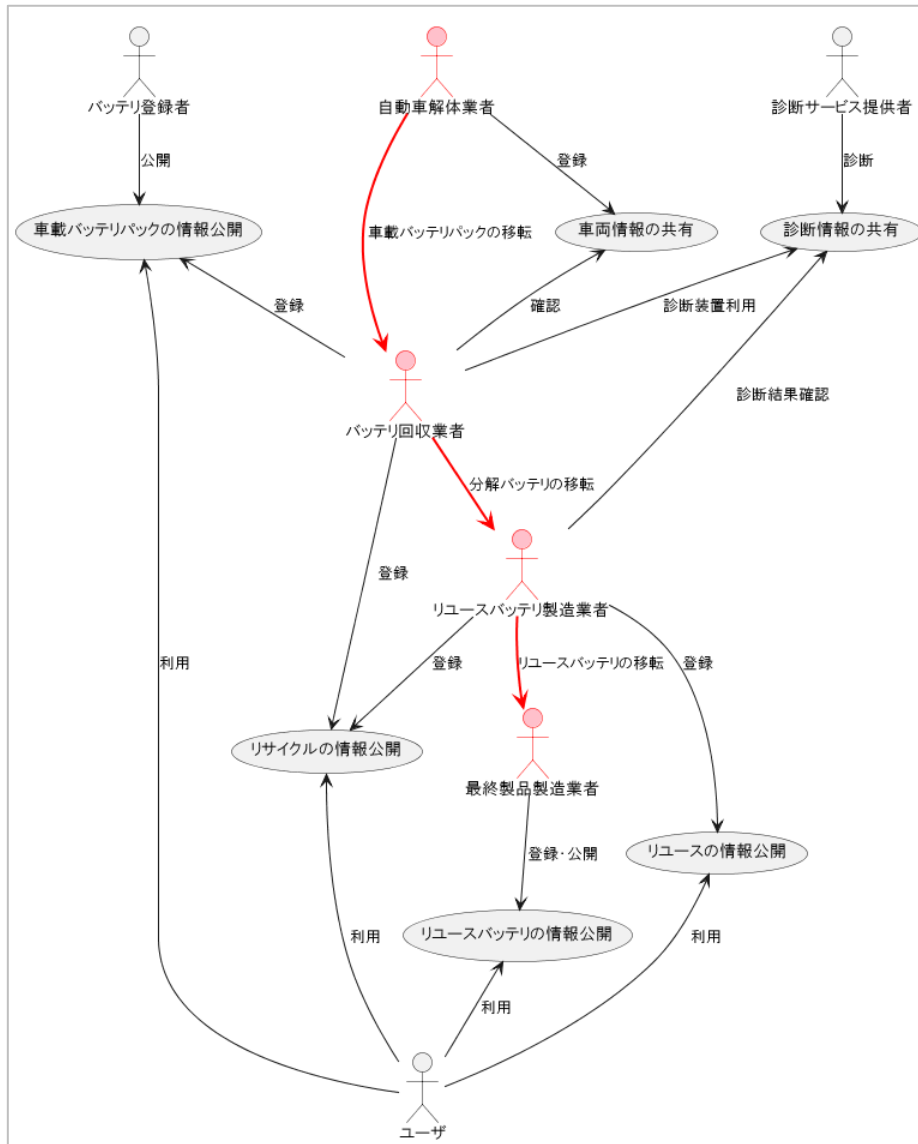


図 7 全体ユースケース

2.1.4.2 業務アプリケーション概要

プラットフォームを使用する業務アプリケーションについて、本年度は以下のユースケースを実現した。

表 15 ユースケース：自動車解体業者

No.	ユースケース	詳細
1-1	車両情報入力	解体した車載バッテリーパックの情報をユーザが入力する
1-2	回収依頼	ユーザの指示により、バッテリー回収業者に回収対象である車載バッテリーパックの情報をメッセージングする

1-3	出荷伝票出力	ユーザの指示により、(1-2) で送付した情報の識別子を含む二次元コードを出力、印刷する（関連： (2-1) ）
-----	--------	--

表 16 ユースケース：バッテリー回収業者

No.	ユースケース	詳細
2-1	回収依頼の受領	システムが排出業者からの回収依頼を受取る（関連： (1-3) ）
2-2	在庫登録	ユーザが検品し、在庫する
2-3	分解	ユーザが車載バッテリーパックを分解し、分解されたバッテリーを登録する
2-4	診断	ユーザがバッテリーを診断し、診断結果を格納する
2-5	納品書発行	ユーザが発注元に対して納品書を発行する。納品情報をメッセージングする（関連： (3-1) ）
2-6	リサイクル登録	ユーザが、指定の在庫バッテリーをリサイクル登録する
2-7	消却登録	ユーザが、指定の在庫バッテリーを消却登録する

表 17 ユースケース：リユースバッテリー製造業者

No.	ユースケース	詳細
3-1	納品書受領	システムがバッテリー回収業者からの納品書を受信する（関連： (2-4) ）
3-2	在庫登録	ユーザが検品し、在庫する
3-3	リユース登録	システムが、在庫のバッテリーは当該事業者がリユースしていることを登録する
3-4	リサイクル登録	ユーザが、指定の在庫バッテリーをリサイクル登録する
3-5	消却登録	ユーザが、指定の在庫バッテリーを消却登録する

カーボン情報

CFP の計算に必要な情報のデータをアクター間で送受信し、その情報を公開する機能を実現する。ただし、CFP の計算に必要な具体的な情報が本年度は確定していないので、技術的にデータの送受信と公開をおこなうところまでを検証した。

検証シナリオとして下記を実行する。

- 自動車解体業者が、自身の事業所の位置情報をバッテリー回収業者と共有する。（車両情報の共有）
- バッテリー回収業者が、自動車解体業者の事業所から車載バッテリーパックを回収し、自身の事業所まで輸送した輸送距離を VC として公開する。（車載バッテリーパックの情報公開）
- リユースバッテリー製造業者が、当該車載バッテリーパックから分解されたセルをリユ

ース/リサイクルした量を VC として公開する。(リユース情報の公開・リサイクル情報の公開)

- ユーザが、当該車載バッテリーパックについて、上記公開情報を収集する。

使用するプラットフォーム機能

上記業務アプリケーションは、プラットフォームの機能を使用してバッテリーに関わる情報の流通をおこなう。プラットフォーム機能を用いるユースケースは下記のものである。

表 18 プラットフォーム機能

ユースケース	プラットフォーム機能
車両情報の共有	DIDComm によるメッセージ交換
車載バッテリーパックの情報公開	DID レジストリ
	Verifiable Credential レポジトリ
診断情報の共有	高速 SoH 診断
	診断結果証明
	DIDComm によるメッセージ交換
リサイクル登録	Verifiable Credential レポジトリ
リユース登録	Verifiable Credential レポジトリ
リユースバッテリーの情報公開	DID 登録
	Verifiable Credential 登録

2.1.4.3 プラットフォームの相互運用性の仕様

BACE プロファイル仕様概要

相互運用性を目的とする仕様を定義し、それを本プラットフォームで実装する。その仕様をここでは BACE プロファイル仕様と呼び、この仕様は次を目的とする。

- 電池価値を流通させるアクター間での相互運用性を実現する。
- 業界標準仕様を最大限利用する。
- 特定の実装への依存を最小限にする。
- 既存実装技術の利用を容易にする。

上記目的を達するために、以下の仕様を定義した。

- DID メソッドの仕様
W3C DID Core 仕様 (<https://www.w3.org/TR/did-core/>) で定義されている各項目について、BACE プロファイル仕様としての要求を記述したもの。
- DID ドキュメント拡張のスキーマ定義
- バッテリーに関わる対象物の JSON スキーマ定義
特に車載バッテリーパックが分解/リサイクル/リユースされる間にバッテリーの状態がどのように公開されるかを定義する。

- データ交換の仕様
 - DIDComm によるメッセージングを用いてデータの交換をおこなう。
 - DIDComm によってエンドツーエンドの暗号化を実現する。

以下にこの仕様のコンセプトを説明する。

バッテリーの状態遷移

車載バッテリーパックは、車両から取り外され、セルに分解され、分解されたセルがリサイクル/リユースされる一生を辿る。車載バッテリーパックに含まれていたセルがリサイクル/リユースされた総数、セルの品質 (SoH) 等のバッテリーの状態を証明書 (Credential) として公開できる。

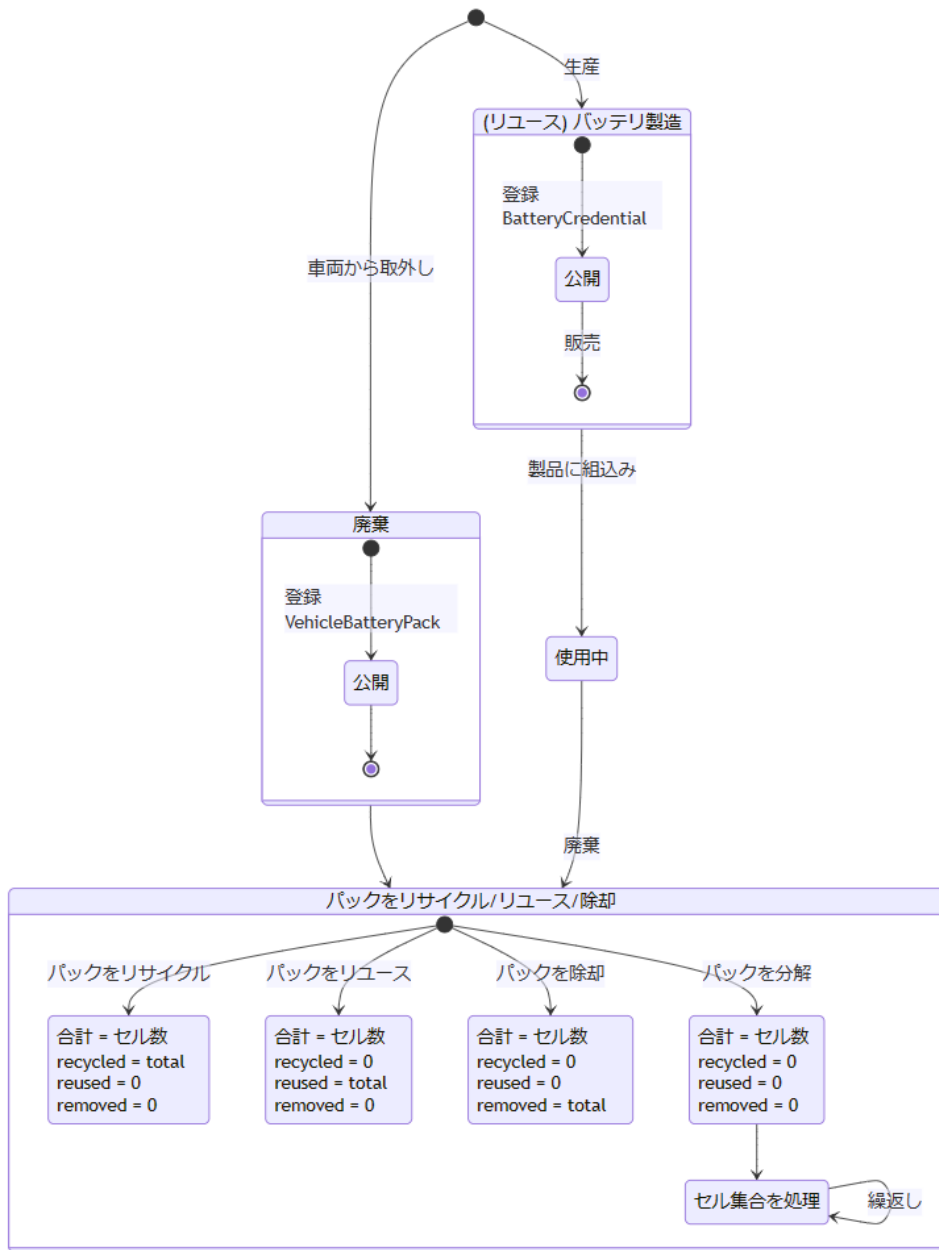


図 8 バッテリーの状態遷移

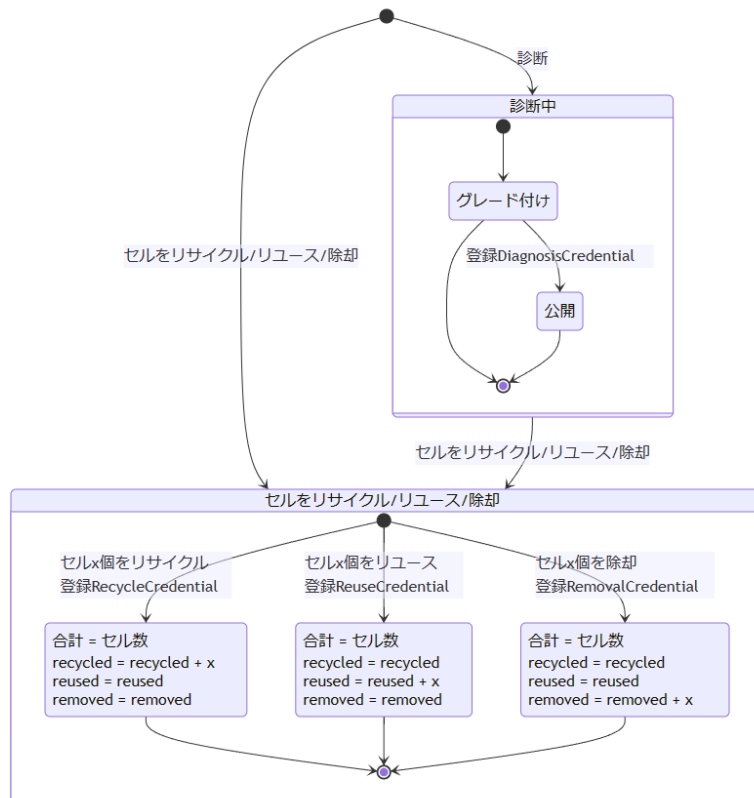


図 9 セル集合の処理

バッテリー DID

バッテリー DID とは、バッテリーをユニークに識別する識別子であって、バッテリーに関する情報へのアクセスする方法を取得する統一的な手段を与える。

- 識別子としては非中央集権的識別子 (DID) を用いる。
- 対象であるバッテリーの基本情報をプロフィールとして Verifiable Certificate (証明書) を紐付ける。
- 対象であるバッテリーに関する情報 (証明書) が格納されるレポジトリへのアクセス情報を紐付ける。
- 対象であるバッテリーに関する情報 (証明書) の格納場所を DID URL を用いて表す。

非中央集権的識別子 (DID) を用いる利点は、

- 識別子を付番する中央オーソリティが不要で、緩やかに結びついた組織団体間での情報交換に向いていること。
- DID ドキュメントという識別子が指す対象に関する情報を格納できるデータが標準化されていること。
- バッテリーに関する情報を含む証明書を Verifiable Credential としたときに、そこで

用いる識別子として使用し易いこと。

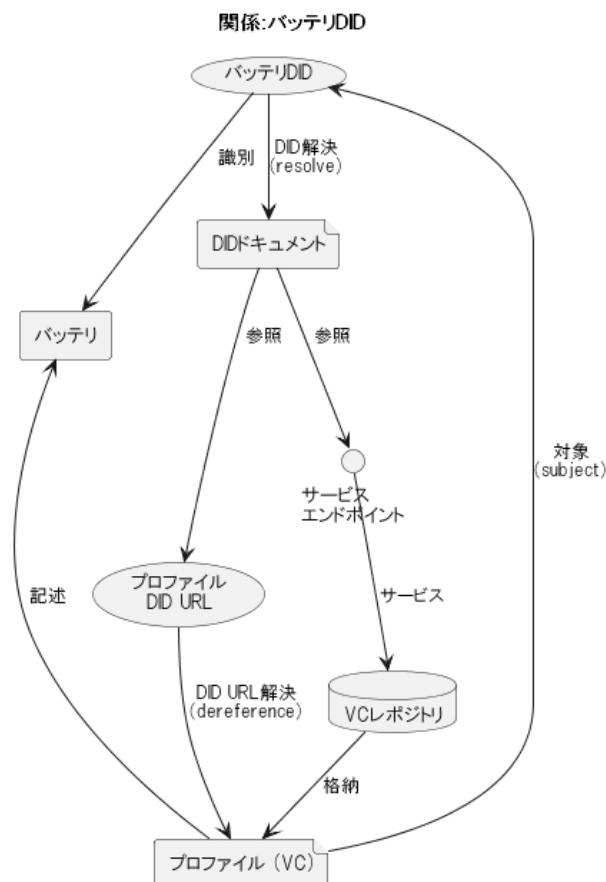


図 10 コンセプト間の関係

トラスト

本プラットフォームが目指す環境は、単一の中央オーソリティを持たず、さまざまな組織との緩やかな連携を実現することである。中央オーソリティ（例：国家機関等）がある場合は、あらかじめその中央オーソリティを信用（トラスト）するという暗黙の前提があり、情報を提供している組織が何者であるかを都度確認する必要はない。しかし、中央オーソリティが不在で、あらかじめ決っていない、緩やかに結びついた組織団体間での情報交換をする環境においては、情報の作成者の組織が何者であることを確認する仕組みが必要となる。また、データが信用できる 1 カ所の格納場所に格納されている場合は、そのデータの正当性について確認する必要はないが、データが分散して、それぞれ管理者が異なる格納場所に格納されている環境においては、そのデータの作成者の確認と改竄されていないことを確認する仕組みが必要となる。

今回検討しているユースケースにおいて典型的に現れるものとして下記を説明する。

- バッテリに関わるビジネスをおこなっている組織
- バッテリの診断の情報

組織

本プラットフォームで取り扱うデータには、その情報の作成者（発行者）が識別子とそれに対応する暗号的サインが付与されているものの、それだけではサインが正しく付いているということだけの確認であって、その作成者が正しく現実社会での組織のものであるかは確認できない。情報を交換する2者間であらかじめ、それぞれを識別する情報（公開鍵）を交換しておけるならば、対象となるデータが正しく相手方が作成したものであることが確認できる。しかし、緩やかに結びついた組織団体の中で情報交換をする環境においてはそのようなあらかじめのやり取りは必ずしも成立しない。そこで、組織が何者であることを証明・担保する別の組織（例：本事業の組織体）を確認できる仕組みが必要である。中央オーソリティを前提としない環境においては、そのような組織が複数ある前提である。

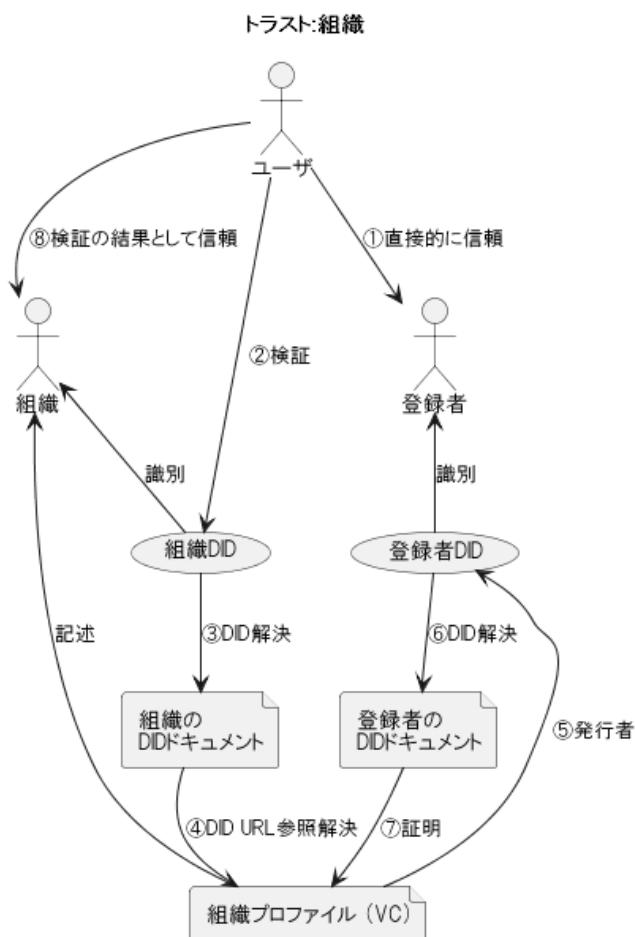


図 11 コンセプト間の関係

診断証明

- バッテリーの診断をおこなう状況では、3種類の登場人物がある。
 - バッテリーの診断を実行して、その診断結果を保持する者 (Holder)： 下記診断サービス提供者が提供する診断機能の利用者
 - バッテリーの診断を機能として提供する者 (Issuer)： 診断結果を証明書とし

て発行する者

- 診断証明書を利用する者 (Verifier) : 診断証明書が正当であるかを確認する者
- バッテリー DID と組織のトラストの仕組みを組合せた仕組みとする。
- 結果、診断証明書を利用する者は、直接的に診断実行者を知らなくとも、対象のバッテリーに紐付いている診断結果を信用できる。

トラスト:診断証明

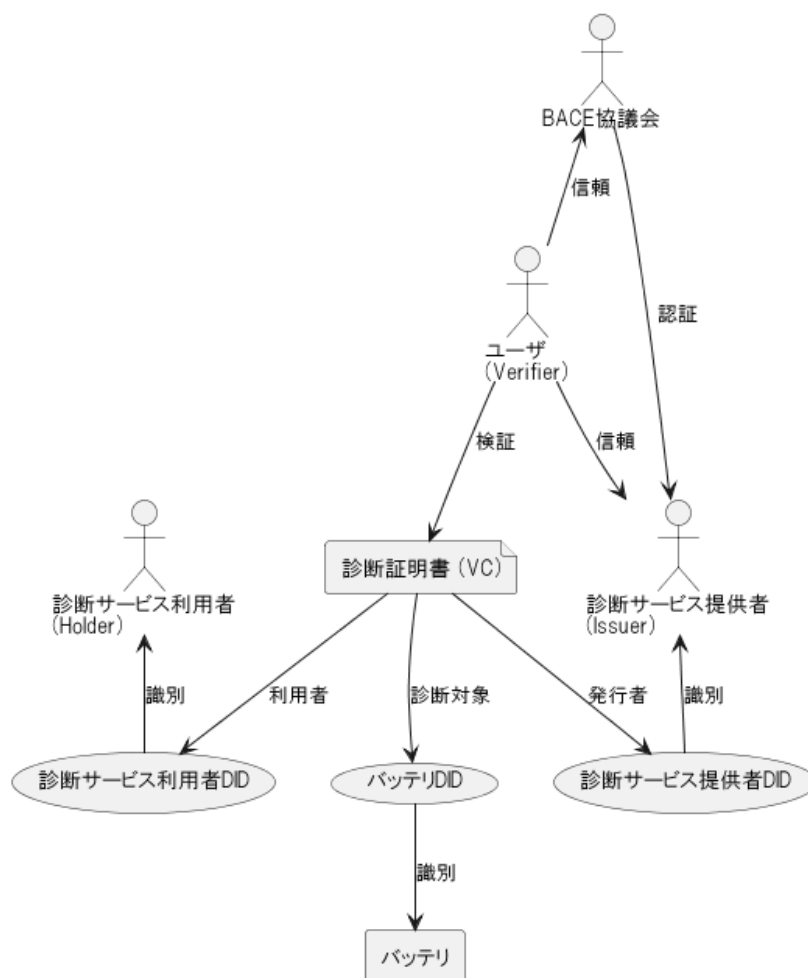


図 12 コンセプト間の関係

2.1.4.4 プラットフォームの実現

相互運用性を実現するための課題に対して、本プラットフォームがどのような解決方法をとったかを説明する。

非中央集権的識別子 (DID) ユニバーサルレゾルバ

課題

BACE プロファイル仕様に従うことで相互運用性が確保できたとしても、バッテリー情報の

利用の障害となり得る課題がある。

- 非中央集権的環境では、バッテリー情報提供者それぞれは、それぞれ異なる DID メソッドを使用することが可能である。
- 異なる DID メソッドは異なる実装技術を使用することが可能である。
- バッテリー情報利用者は、異なるバッテリー情報提供者が提供したバッテリー情報を同じ方法で取得できることが望ましい。
- しかし、異なる実装技術をひとつのアプリケーション内で使用することは必ずしも容易ではない。

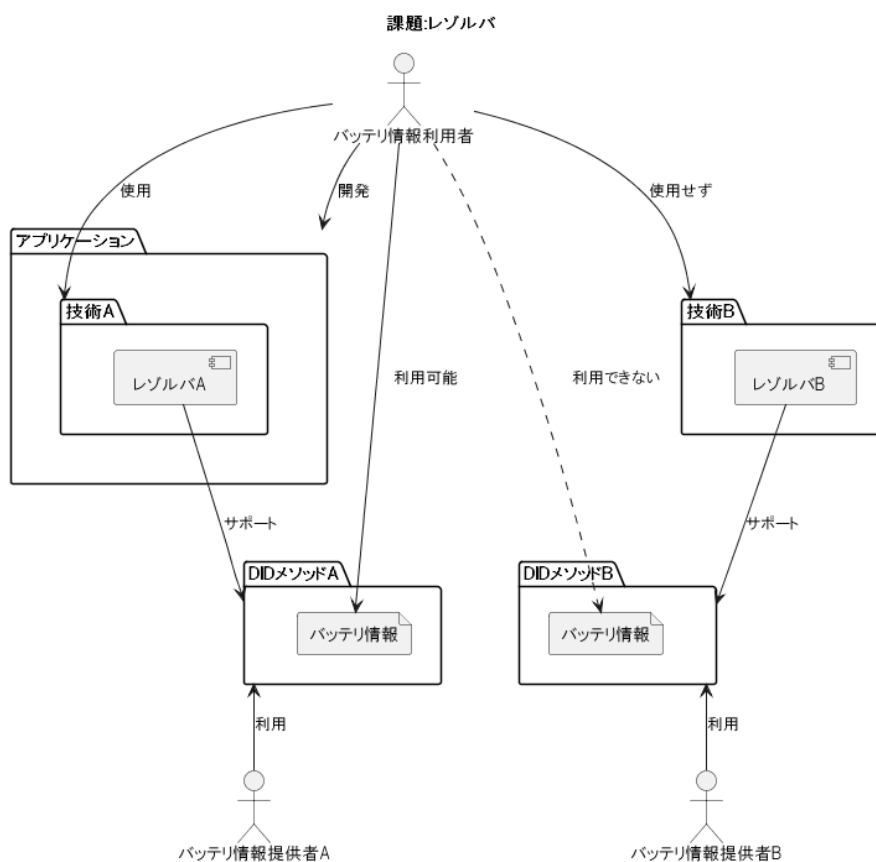


図 13 課題

ソリューション

上記課題を解決するプラットフォーム機能を検証した。

- プラットフォームは、複数の DID メソッドに統一的方法でアクセスするレゾルバを提供する。
- また、複数の DID メソッドに対して統一のインターフェースを用いてアクセスできるサービスを提供する。
- これらを利用するアプリケーションは、複数の DID メソッドを通して統一的にバッテリー情報をアクセスできる。

- 同様の機能を持つプラットフォームほどの参加者も作ることが可能であり、独占的なものではないことが非中央集権的技術を用いる利点である。

機能:ユニバーサルレゾルバとDIDゲートウェイ

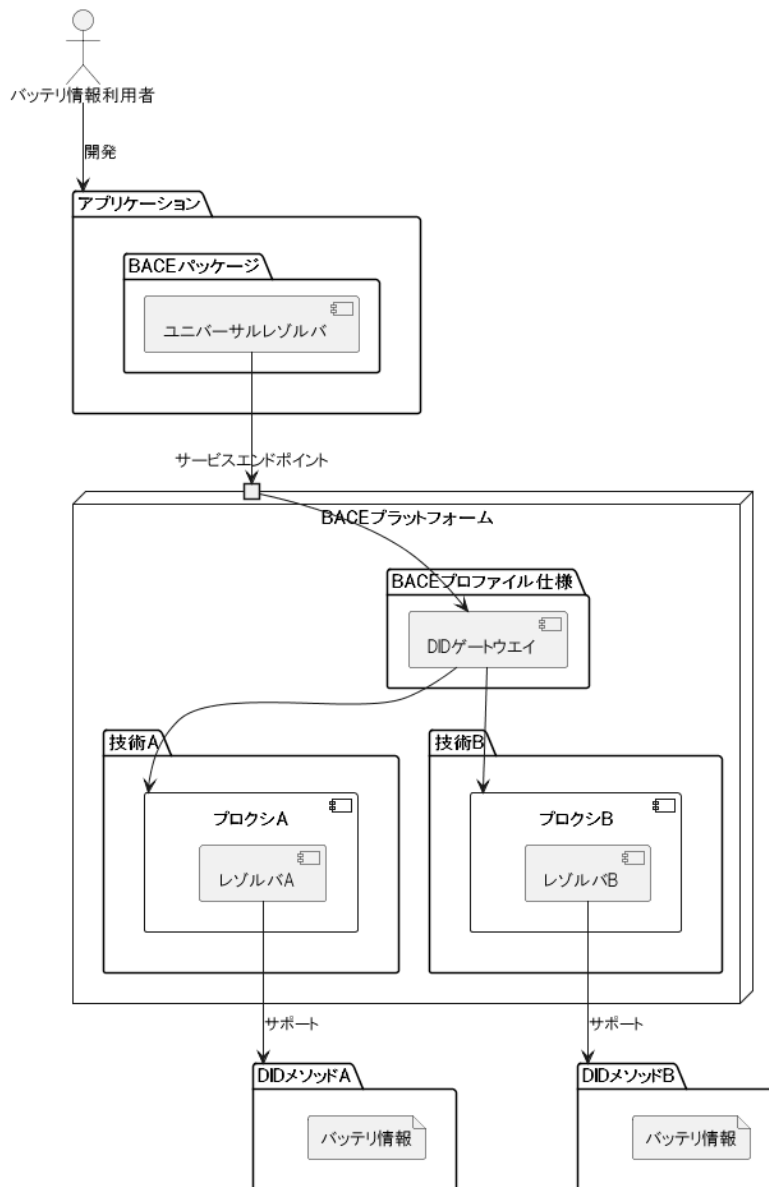


図 14 提供機能

DID ドキュメントレジストリ (VDR)

課題

- 非中央集権的識別子 (DID) は標準化されているが、対応する DID ドキュメントの格納方法については仕様化されていない。CRUD 操作の内、
 - Read 操作に関しては、resolve 関数として定義されているが、抽象定義であって、具体的 API は定義されていない。
 - Create/Update/Delete に関しては、抽象定義さえも定義されておらず、全く

実装依存な状況である。

- バッテリー情報を登録するサービスを提供するには、サービスユーザが使用している DID メソッドごとに異なるアプリケーションを実装する必要がある。

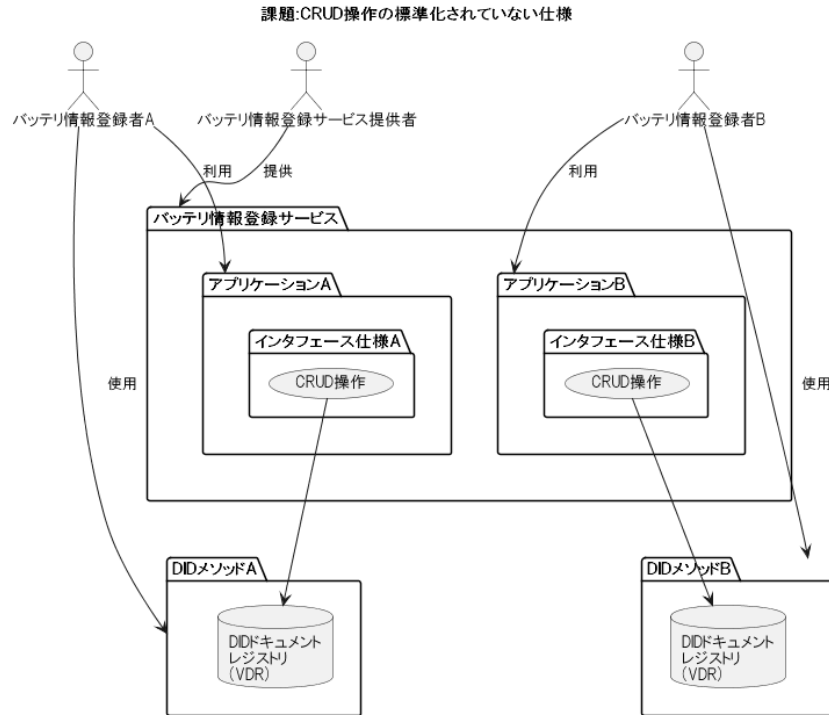


図 15 課題： CRUD 操作の標準化されていない仕様

ソリューション

- DID メソッドに依存しない CRUD 操作のインタフェース仕様を定義する。
- プラットフォームは、サポートする各 DID メソッドについて、それぞれの CRUD 操作をプロキシして上記仕様に従った共通インタフェースを提供する。
- アプリケーションは、このプラットフォームを使用することで DID メソッドに依存しない機能を実装することが可能となる。
- さらにプラットフォームは、上記仕様を実装したパッケージを提供することで、アプリケーションはその部分の実装を自身でおこなう必要がなくなる。

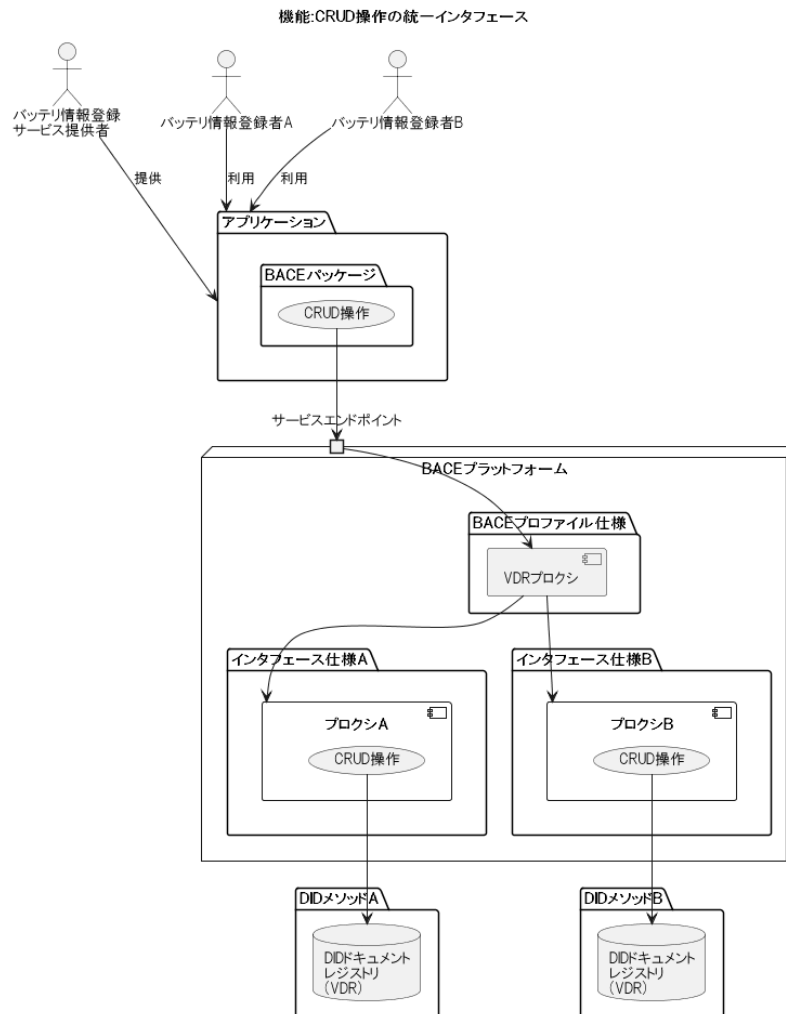


図 16 機能： CRUD 操作の統一インターフェース

オーソリティに依存しない検証可能な証明書 (VC) レポジトリ

課題

- Verifiable Credential (証明書) を用いるには相互運用性の課題がある。
- Verifiable Credential のデータモデルは標準化されているが、その格納場所であるレポジトリの使用方法 (CRUD 操作) は標準化されていない。
- 電池に関する情報の登録者が、それぞれ異なるレポジトリに情報を格納する場合、それらレポジトリの使用方法が異なり得る。
- 電池に関する情報の使用者は、対象が同じ1個の電池であったとしても、それに関する情報は別々の登録者が別々のレポジトリに格納している場合には、それぞれ別の使用方法を用いるアプリケーションを自身で開発する必要がある。

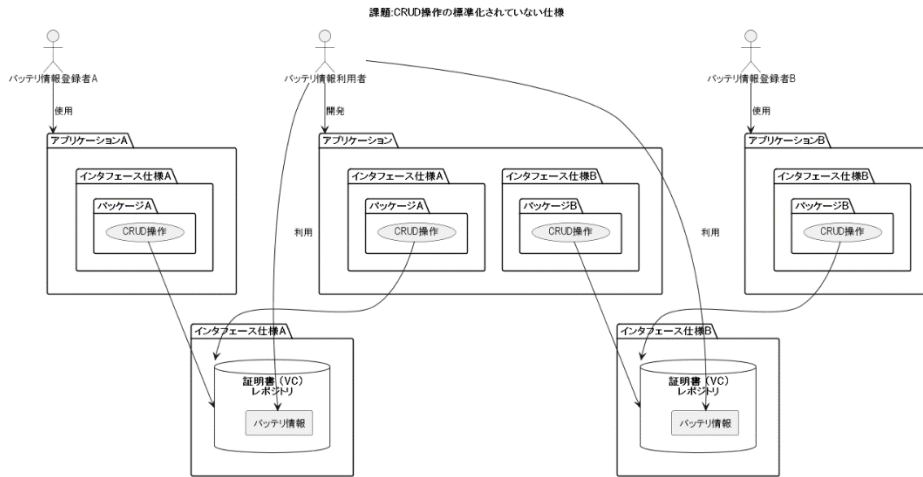


図 17 課題

ソリューション

- レポジトリの CRUD 操作の仕様を定義し、その仕様を実装したパッケージを作成し、相互運用性を確認した。
- その仕様を使用するアクター間においては、
 - バッテリーに関する情報の登録者は、レポジトリの操作に関わる開発を避けることができる。
 - バッテリーに関する情報の利用者は、情報の取得を同じ方法でおこなうことができ、また、レポジトリの操作に関わる開発を避けることができる。

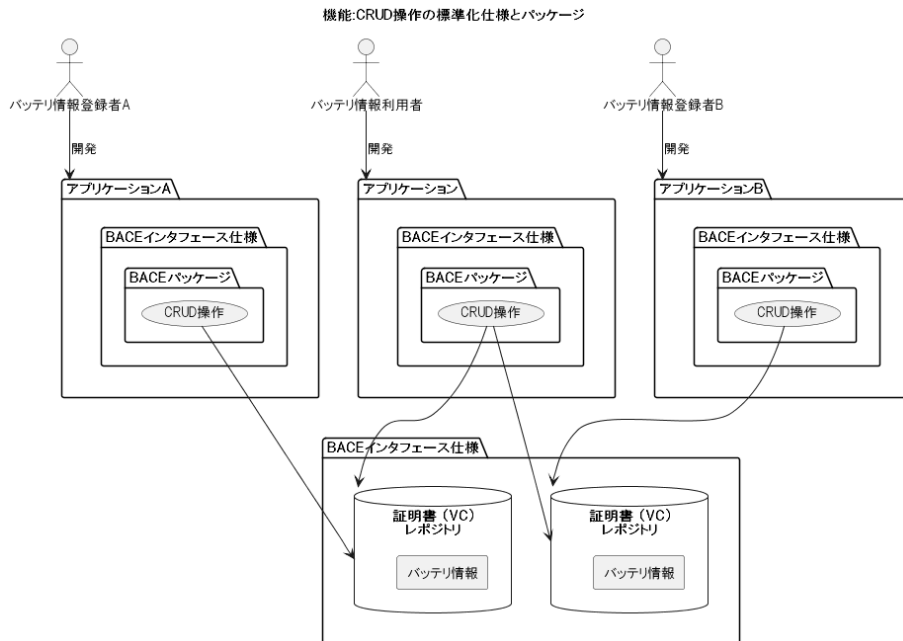


図 18 提供機能

バッテリー情報登録サービス

課題

- バッテリー情報を登録・公開する者は、情報（証明書）のレポジトリとそこに情報を登録するアプリケーション、および、バッテリー情報の利用者に向けた登録サービスの実装と公開が必要である。
- 自身で上記機能を開発することも可能であるが、開発量を最小限にしたい。

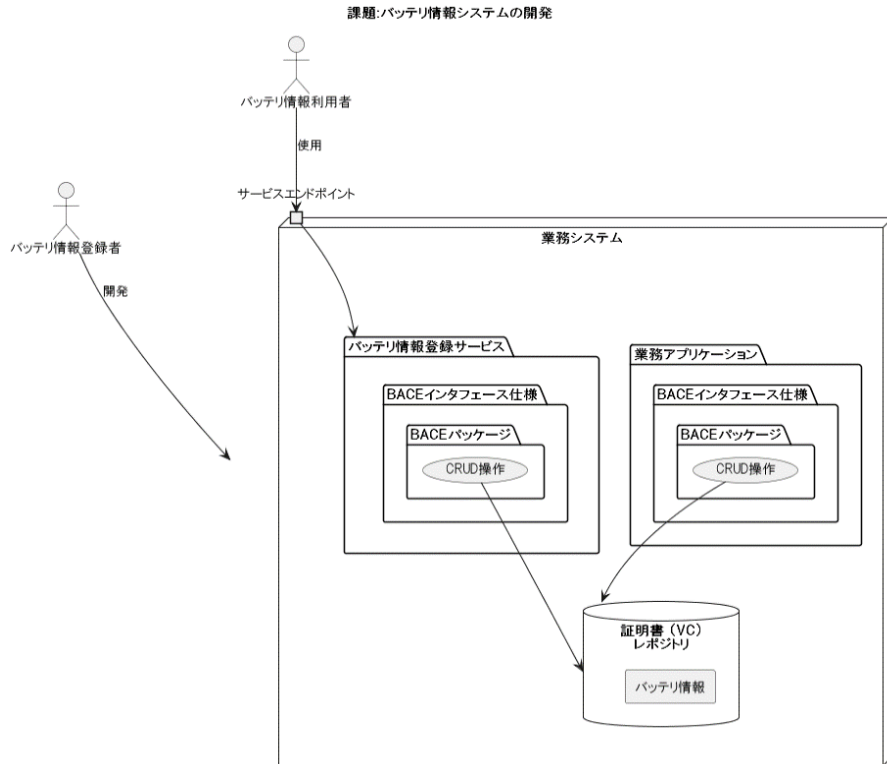


図 19 課題： バッテリー情報システムの開発

ソリューション

- プラットフォームは、証明書のレポジトリとバッテリー情報登録サービスを実装、提供する。
- また、そのサービスを使用するためのパッケージも実装、提供する。
- 結果、バッテリー情報を登録する者は、自身の業務アプリケーションに上記サービスを使用する部分だけを開発すればよい。

機能: バッテリ情報登録サービス

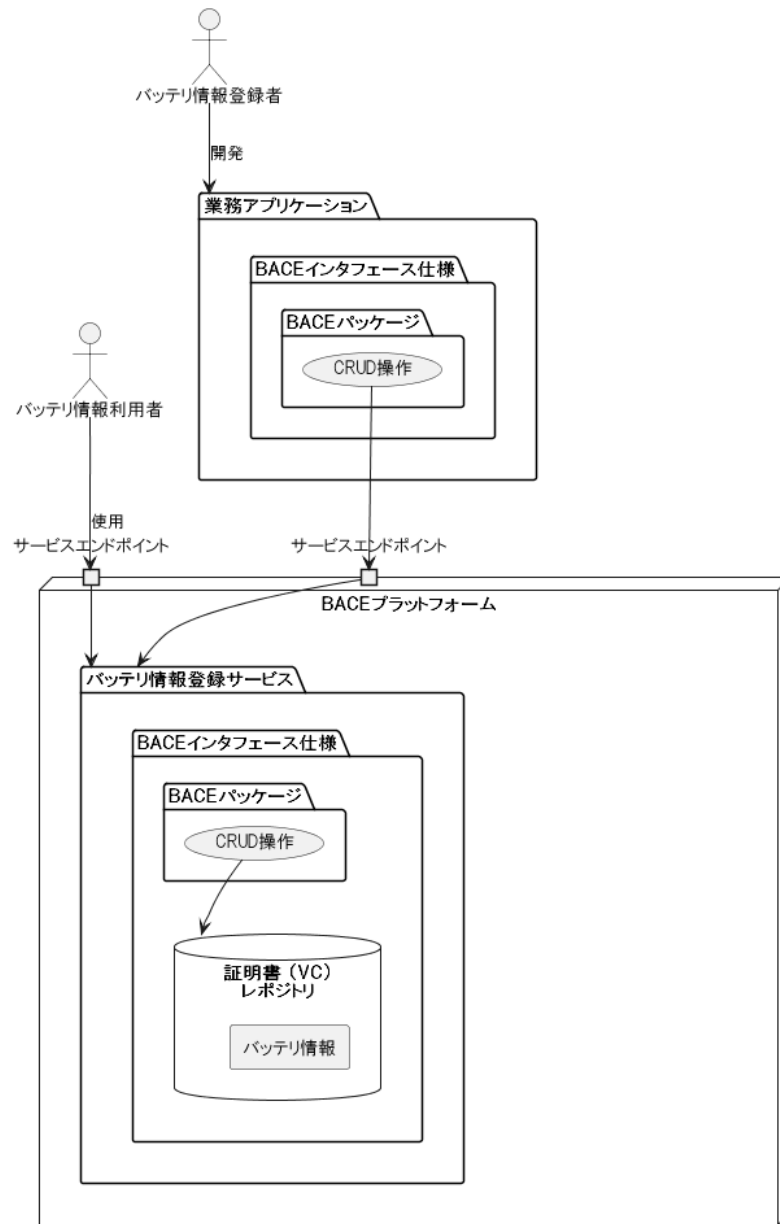


図 20 機能： バッテリ情報登録サービス

ピアツーピアな秘匿メッセージ交換 (DIDComm)

課題

- ピアツーピアの秘匿メッセージ交換のために DIDComm を使用する。しかし、メッセージングは標準化されているが、メッセージングを処理するエージェントに関しては標準化されていない。
- 今回はエージェントに関しても仕様を定義したが、それだけでは、仕様に従ったエージェントを使用者が自身で実装する必要がある。

課題:メッセージングの実装

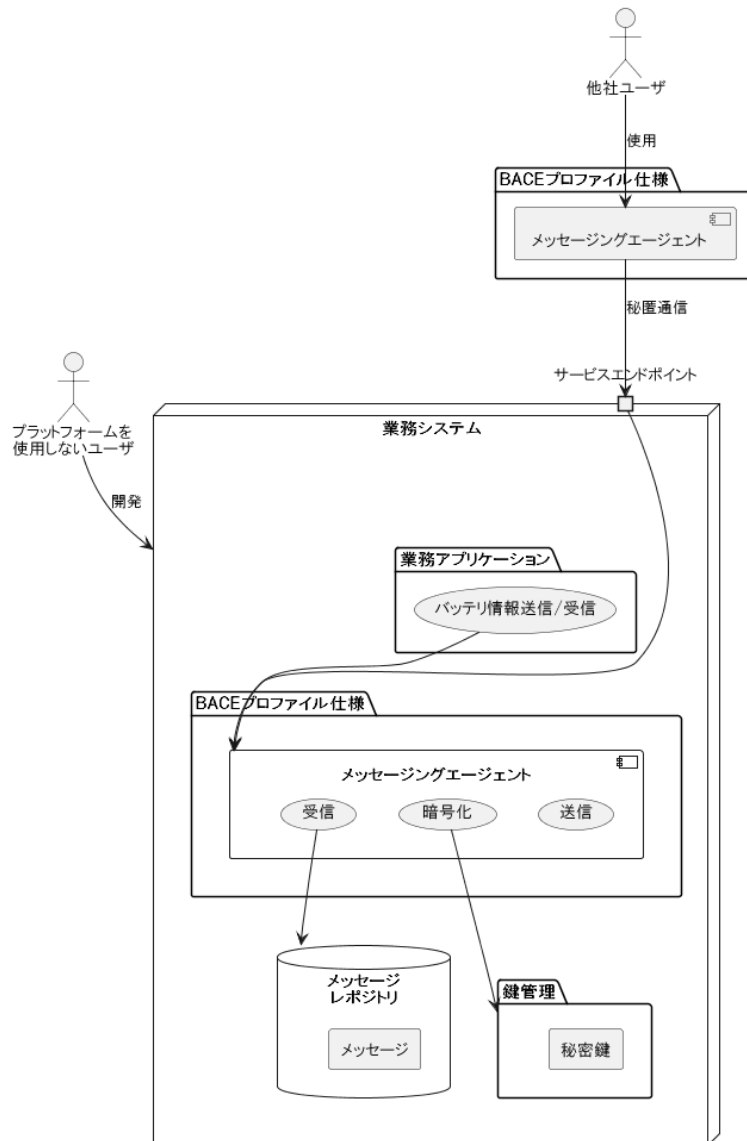


図 21 課題：メッセージングの実装

ソリューション

- プラットフォームは、エージェントを実装しサービスとして提供する。
- また、そのサービスを使用するためのパッケージも実装し提供する。
- アプリケーションは、メッセージ交換の機能を自身で実装する必要がなくなる。

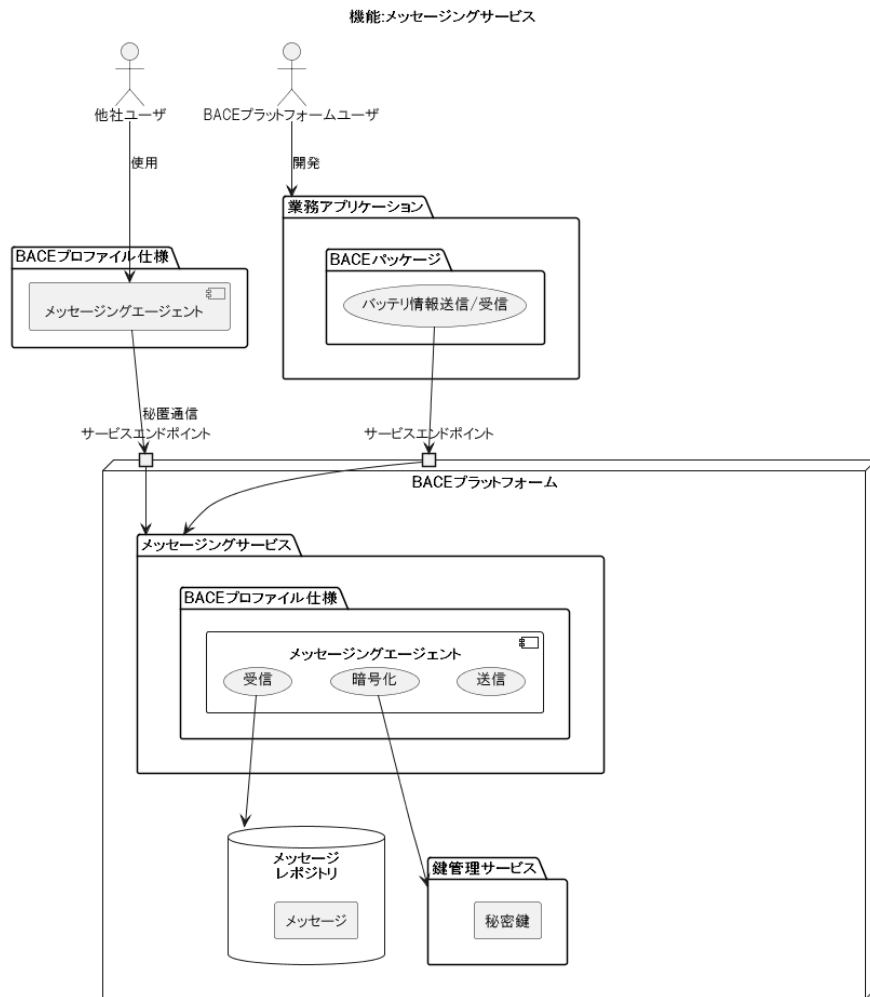


図 22 機能：メッセージングサービス

2.1.5 電池価値顕在化の AI/IoT アプリケーション開発

2.1.5.1 本年度実現した範囲

本年度は電池性能取得作業を効率化する計測診断アプリケーションを開発した。使用済みバッテリーの性能や状態を測る診断サービス提供者を想定し、このアプリケーションは以下を実現することを目標とする。

- 高速に SoH を診断する。
- 診断を実施する業者に依存せず、診断品質を保つことを可能にする。
- 診断結果を利用する側は、診断を実施する業者によらず、同じ方法による診断結果を得ることを可能にする。
- 診断作業を外部に委託することを可能にする。
- 診断方法は発展途上であるから、最新の診断方法を適用可能とする。

- 診断を実施する業者が診断のために自力で構築しなければならないシステムを最小限とする。
- 診断アルゴリズムを交換可能とする。
- 測定器機種を交換可能とする。

本年度は次の条件で検証をおこなった。

表 19 検証条件

診断対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車載バッテリーパックごとにそれから取り出したセルまたはモジュールを診断する ・ 車載バッテリーパック自体の診断は本年度では扱わない ・ 検証では下記の車載バッテリーパックを使用する。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ A社ハイブリッド ➢ B社ハイブリッド
測定器	日置電機製インピーダンス測定器を用いる
診断アルゴリズム	交流インピーダンス法を用いる
診断精度	診断精度は検証せず
測定適正化治具	予定していた測定適正化治具が用意できなかったため、代用として簡易治具を用いる
業務ワークフロー	詳細診断のケース（下記参照）のみを検証する

2.1.5.2 計測診断アプリケーション概要

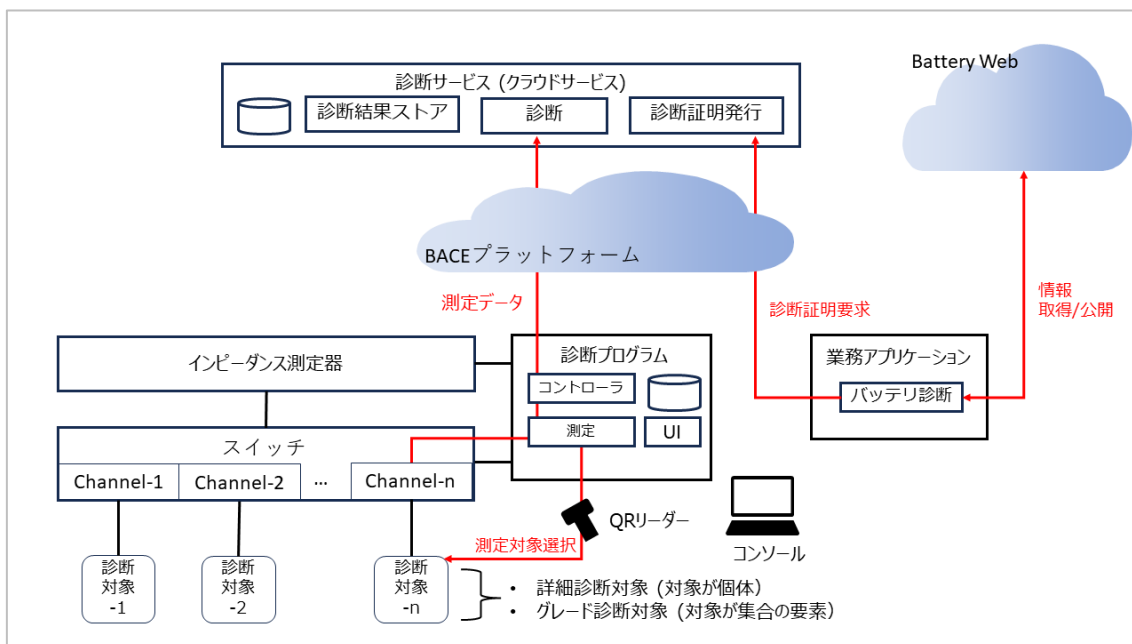


図 23 アプリケーション構造

計測診断アプリケーションは下記から構成される。

- 診断装置 (IoT 装置)
- 診断サービス (クラウドサービス)
クラウドサービス化することで、診断装置を更新することなく、最新の診断アルゴリズムを利用可能とする。
多くの診断装置からの測定データを用いて、診断アルゴリズムの改善を可能とする。

診断装置は下記コンポーネントから構成される。

- スイッチ
- インピーダンス測定器
- 診断プログラム (コンソール)

診断プログラム UI (コンソール) は次をおこなう。

- 測定対象の情報を入力する。
- スイッチ・測定器を制御する。
- 測定結果を診断サービスに送付し、診断結果を取得・表示する。

診断プログラムは次をおこなう。

- コンソールを持つ業務アプリとは独立のアプリケーションである。
- 業務アプリケーションとは直接のやり取りをおこなわない。
- サービス API を通して、診断に必要な情報を入手する。診断対象のセルのデータ等。

表 20 コンポーネントの動作

コンポーネント	動作
診断コンソールプログラム	<ol style="list-style-type: none">1. ユーザに対して、診断対象の情報の入力をプロンプトする2. サービス API を通して診断対象の情報を取得し DB (データベース) に格納する3. 診断コンソールプログラムを起動し、終了を待機する4. 診断結果をコンソールに表示する
診断コントロールプログラム	<ol style="list-style-type: none">1. 測定クライアントに対して、指定のチャンネルでの測定をコマンドする2. 測定終了を待機する3. 測定が終了したら、測定結果を DB から読取り、サービス API に送付する4. 診断対象のモデル情報を DB から読取り、サービス API に診断をリクエストする

	5. 診断結果を DB に格納する
インピーダンス測定器 用クライアント	1. スイッチに対してチャンネル選択をコマンドする 2. 測定器に対して測定をコマンドする 3. 測定結果を取得し、DB に格納する
業務アプリ	1. 診断対象の証明をサービス API から取得する 2. バッテリ API を通して、診断対象に診断結果の証明を紐付ける 3. バッテリ API を通して、リユースバッテリー製造業者に対して、 診断結果を送付する

診断サービス API は次の機能を公開する。

表 21 診断サービス機能

機能	内容
測定	測定結果を格納する
	診断装置からサービスに対して報告する
診断	指定の診断対象のモデル情報を記述する
	指定の診断対象のモデル情報を取得する
	指定の測定結果についての診断を求める
	指定の診断対象についての診断結果を求める
証明	指定の診断結果についての証明を求める

診断の業務ワークフローとして下記の 2 種類のケースを取り扱う。

表 22 診断業務ワークフロー

診断種別	内容
詳細診断	診断対象個体に診断結果 (SoH) の証明を紐付ける
グレード診断	診断結果 (SoH を評価したグレード) をバッテリーのコレクション (ロット) に対して紐付ける 次の業務ワークフローを想定する (1) バッテリパックを分解後に、在庫せずに診断し、 (2) 診断後に診断結果を用いて分別し、個体ではなくロットとして在庫する

注) 「コレクション」とは複数の個体 (バッテリー) の集まり。ロット等。

診断前の条件 (共通)

診断アプリケーションと連携する業務アプリケーションは次の条件を満たしている。

- 車載バッテリーパックが登録されている。
- それを分解して在庫している。次のケースを想定する。

- 個体に識別子が付番されているケース
- コレクションに識別子が付番されているケース
- 業務アプリは、その識別子と診断対象のモデル情報を診断サービスに登録する。
- 業務アプリは、その識別子を二次元コードとしてプリントし、対象バッテリーに貼り付ける。

詳細診断の場合

詳細診断は、個体に識別子が付番されているケースを取り扱う。

- 診断前の条件： 業務アプリに診断対象が登録されている
- ワークフロー
 - コンソールで、診断対象（一般に複数）の二次元コードを順に読取る。
 - コンソールで、診断を開始する。
 - 業務アプリで、診断対象の診断結果を、その識別子（上記 API で登録済のもの）を指定して、取得する。
 - 業務アプリは、必要ならば、診断結果の証明書を取得する。
 - ユーザは、診断結果で分別する。

グレード診断の場合

グレード診断は、コレクションに識別子が付番されているケースを取り扱う。

- ワークフロー
 - コンソールで、診断対象（一般に複数）の二次元コードを順に読取る。
 - コンソールで、診断を開始する。
 - コンソールは、診断結果を表示する。
 - ユーザは、診断結果で分別し、ロットに分ける。
 - 業務アプリで、ロットを入力する。

2.1.6 電池回収・分解確認状況

ここでは、実際の電池回収・分解等フローに関する検討内容を記載する。

中古車両が排出されてから、回収・アクトへ入庫・分解・診断・出荷/廃棄されるまでの工場現地における業務フローは以下図のとおりである。外見等による一次仕分け、診断器を用いた劣化状態による診断を踏まえた二次仕分けを実施し、状態・グレードに応じた処理を加えていく。

各項目における現状認識や実施状況を以降具体的に記述する。

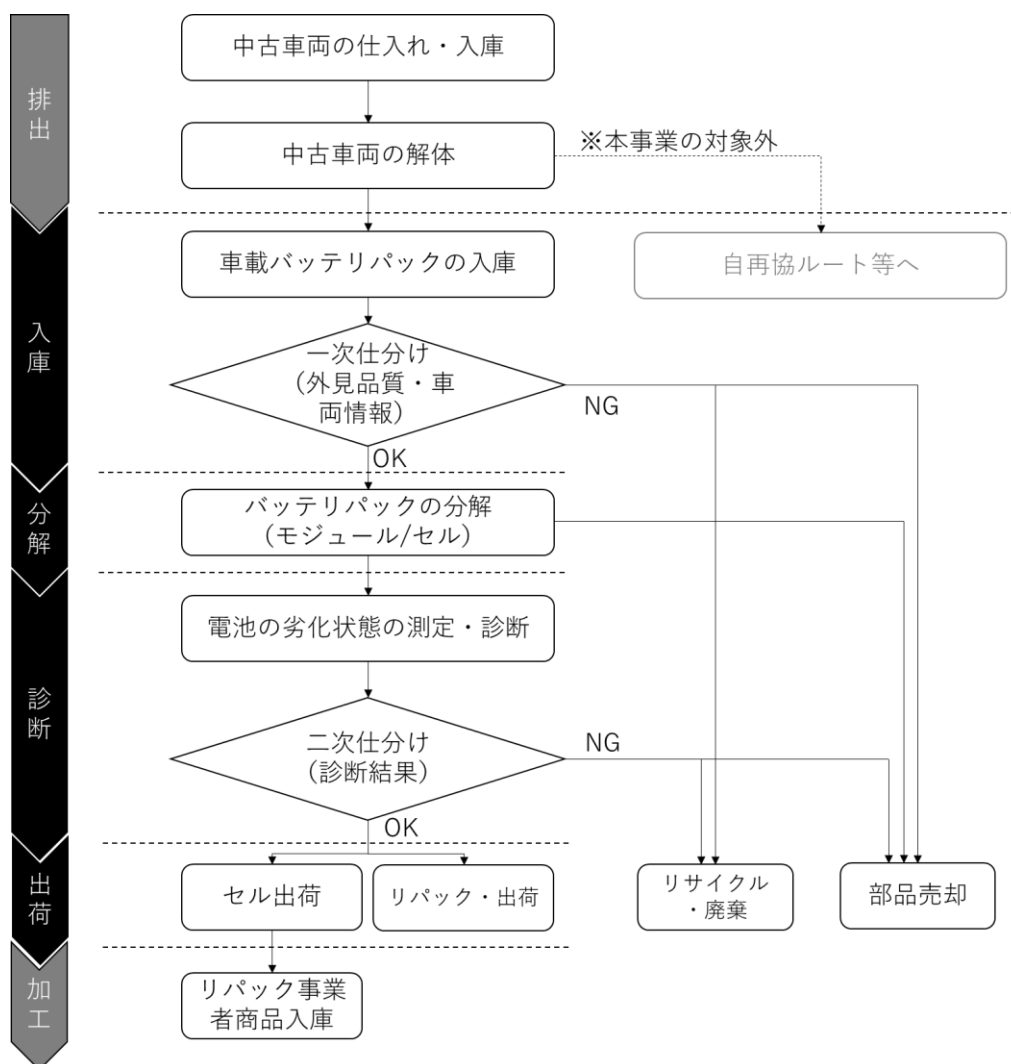


図 24 バッテリー回収・分解業務フロー

● バッテリー回収

報告時点でのアクトにおける電池の回収状況は以下のとおりであり、これらのバッテリーはアクト工場にて保管している。

- BEV 駆動用：6 個（LEAF 等）
- HEV 駆動用：10 個（フリード等）
- HEV 用アシスト用：100 個（ワゴン R 等）

現時点では調達において、これらバッテリーは、中古バッテリーとして流通しておらず、基本は産廃処理過程として回収したものである。資源としての回収ではないため、安価での調達が可能である。他方で、バッテリーの発生量および型式には偏りがあることが分かっている。

リユースバッテリーとしての利用や分解後の処分先について目途がつくようであれば、より積極的な回収が可能となると想定される。については、回収のみならず、回収後の分解・診断・処分のフローについて、各事業者との連携のうえ、それぞれの経済性が担保される形でのスキーム構築・整理が必要と思料する。

- バッテリ分解

新品製造時にセルまでの分解を前提とした設計になっておらず、安全かつ安価に分解することができない車種・バッテリーが存在する。そのため、モジュールもしくはパックのまま、後続処理をおこなうことを検討しなければならないことが分かった。

セルレベルで扱っていくことについてのメリット・デメリットは以下のとおり整理している。

メリット

- 保管・運搬・廃棄にあたっての効率が低いこと。
- 製品としての活用先が多岐にわたること。
- セル単位での診断結果蓄積による高度な分析の可能性があること。

デメリット

- 個体数増加とともに処理が煩雑化、二次元コード管理に実務上の負荷がかかること。
- 取り扱いにあたり火災等リスクを抑えるための負担が増すこと。
- 保管データ量が増え、システムリソース負荷を増加させる可能性があること。

このようにメリット・デメリットが存在し、また各々の測定部分の電圧により診断機も複数種類の調達・導入が必要となる可能性が高い。そのため実証を通し、セル・モジュール単位での処理方法を検証し、効果的かつ効率的なフローを探索した。

なお、これらの分解にあたり、一部特殊工具も必要であることが分かり、すでに調達済みである。

- 回収済みバッテリー診断

バッテリー分解により、測定器に求められる仕様を確認し、日置電機製の測定器 (BT4560) の導入を実施した。同測定器の最大入力電圧は 5V であり、ほぼすべてのセルが測定可能とみている。他方で、日産 LEAF 等は先述のとおり、モジュール単位 (約 8.4V) での取り扱いとなり、中間部分と両端 2 か所において 2 度の測定が必要となる。そのため、オペレーションが煩雑となり、そのデータの解釈もセル単位で測定したものとの直接比較が難しいと想定される。

日置電機製の測定器のうち、将来的には BT4560 をベースとした 100V の特注品の導入も検討する。これは、モジュール・パック含め、ほぼすべてのバッテリーが測定可能である。実証の段階では、上記の 5V 対応の測定器によりバッテリー診断を実施、データを収集する見込みである。将来的には後者の 100V 対応の測定器により収集したデータと突合することにより、5V 対応測定器により得られたデータ解釈の仕方を検証することも可能である。

なお、診断にあたりバッテリー種類に応じた治具調達も進めている。複数の事業者と仕様について確認を進めている。

● バッテリー処分

バッテリー分解後の処分に関して、最終処分場を含め、処分依頼が可能な先を複数確認済みである。分解後、部品により、処分・売却費用が異なることを確認しており、処分費用がかかる部品ある一方で、有価での売却が可能な部品があることも判明している。

なお、重量により処分費用が定まるため、セルまで分解することで排出重量削減と輸送体積を圧縮させることが可能である。それにより、輸送コストが減少、処分費用を抑えた処理が可能であることが分かった。

処分場との連携により、今後の発生量や処分方法によっては、分解済みセルの有価売却の可能性があり、これらを見込んだ回収等コスト設定が可能となる。上記回収の項で記載のとおり、処分先の確保、総処理能力を見極めることで、回収を積極的に実施しやすくなると想定する。引き続き、処分先の開拓を実施する見込みである。

2.1.7 CO2 排出量把握の準備

2.1.7.1 概略

本事業において把握すべき CO2 排出量については、下図のとおりである。現時点では前節

において、説明したリユースバッテリー製造現場の準備に際して、フォアグラウンドデータとしてどのプロセスの CO2 排出量の測定が必要かの打ち合わせを実施しつつ、その他関連するバックグラウンドデータの調査等を進めた。

バックグラウンドデータについては、日本国内のデータが主となることから IDEA を中心に、ecoinvent データベースの確認もあわせて進めた。また

実際の算定には用いないものの、算出結果の比較、妥当性検証の目的から、既存の LIB リユース関連の論文、報告書等の調査を実施し、実際に算定を進めた。

2.1.7.2 文献調査の結果

自動車用から自動車用への水平リユースではなく、他用途へのカスケードリユース、しか

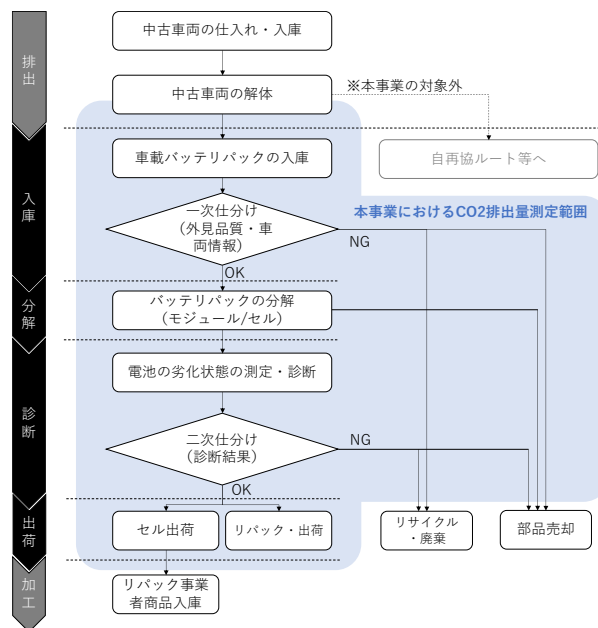


図 25 本事業の直接測定すべき CO₂ 排出量の範囲

もリパック工程を含む検討結果がそう多く公表されているわけではない。文献調査の結果得られたもののうち代表的なものには以下のようなものがある。Ahmadi et al. (2017) は学術論文としては比較的初期のものだと考えられ、また引用も多い。カナダオンタリオ地区を想定し、自動車用バッテリーを ESS (Energy Storage System) にリユースするもので、リマン工程を含むものである。ただしその工程にかかるデータは文献値である。また、バッテリー使用期間のデータによって結果が左右されるにもかかわらず実データがないために仮定での試算となっていることは筆者らも触れている。また、リマン工程の環境影響はいずれにせよ大きくないことを明らかにしている。この文献が ESS の用途が多様だと仮定しているのに対し、Cusenza et al. (2019) は居住用の建築物におけるリユースを想定している。結果、前者に比して GWP (Global Warming Potential) をはじめとする環境影響低減の効果は少なめに算出されている。また、バッテリーの劣化に着目し、リマンの工程については余り詳細な検討を行っていない。

我が国では、実証事業等の報告書という形での成果を見ることができる。リコー (2019) はその代表的な例であり、実証データを用いているという点において先述の学術論文とは異なる。他方で、リマン工程の環境影響が大きくないこと、再生電池の使用年数が大きな影響を与えるという 2 点の指摘は他の文献と変わらない。

これらから、全体としてリマン工程は大きな負荷を持たないとされていることに気がつけつつ、ただし物流が煩雑化した場合などは必ずしも無視できるわけでもないこと、また直接の CO2 排出量のみならず、削減効果まで考えるのであれば、リユース先での使用年数が大きく影響することが確認された。

<本項の引用文献>

Ahmadi, L., Young, S.B., Fowler, M., Fraser, R.A., Achachlouei, M.A., 2017. A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. *Int. J. Life Cycle Assess.* 22, 111-124.

Cui, J., Tan, Q., Liu, L., Li, J., 2023. Environmental Benefit Assessment of Second-Life Use of Electric Vehicle Lithium-Ion Batteries in Multiple Scenarios Considering Performance Degradation and Economic Value. *Environ. Sci. Technol.* 57, 8559-8567.

Cusenza, M.A., Guarino, F., Longo, S., Ferraro, M., Cellura, M., 2019. Energy and environmental benefits of circular economy strategies: The case study of reusing used batteries from electric vehicles. *J. Energy Storage* 25, 100845.

株式会社リコー, 2019. 平成 30 年度 省 CO2 型リサイクル等設備技術実証事業 ハイブリッド車用リチウムイオン電池のリマニュファクチャリング検証事業報告書。

(<https://www.env.go.jp/content/900532509.pdf>)

2.1.7.3 本システム内での測定関連項目

前項で紹介した、予想される分解工程等やその他現地視察の結果等から、注意し検討すべきだと考えられる項目は

- 工程内における直接エネルギー等投入量（インプット側のインベントリ）
- 工程内のマスバランスのうち、特にアウトプット側のインベントリの中で
 - セル単位での再利用可否別の集計
 - 解体工程から回収されたスクラップ等（金属、プラスチックなど）

になる。スクラップ回収についてはその後のフローをどこまで精緻に考えるかなど、急ぎ検討の必要がある。

また、リユースに不適合であったセルについては、リサイクル向けになるが、そのCO2排出原単位等のデータについては調査が行き届いていない。処理技術そのものが進化の途上にあることもあり、どのようなデータを用いるかは注意すべきであり、またアップデートの必要が生じる可能性に留意が必要である。

リユースによる削減効果を考える際には、文献調査にもあったとおり、残存性能が大きな要素となる。リユースバッテリーがどのバッテリーをどれだけの期間代替するかについては、シミュレーションモデルを通して検討中である。このモデルを流通モデルと呼ぶ。

2.1.7.4 検証実験における測定の結果

前項であげた項目のうち、実際にアクトの中で実施される作業について、直接電力消費量に限定して測定をおこなった。測定の対象範囲は下図である。

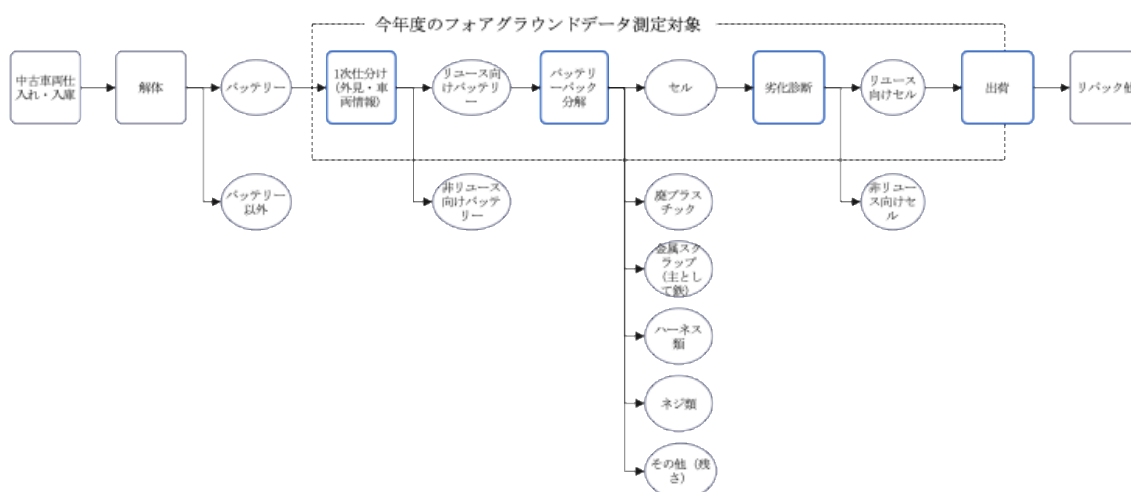


図 26 今回の測定対象

具体的には、一次仕分けでは電力消費はほぼ発生しない。よって、バッテリーパック分解における工具等、劣化診断機械とともに、工場内で利用される電動フォークリフトの消費電力が主たるものである。今回は確認の意味も含めその他 PC やラベルプリンタ等についても念

のため測定をおこなった。結果を以下図に示す。

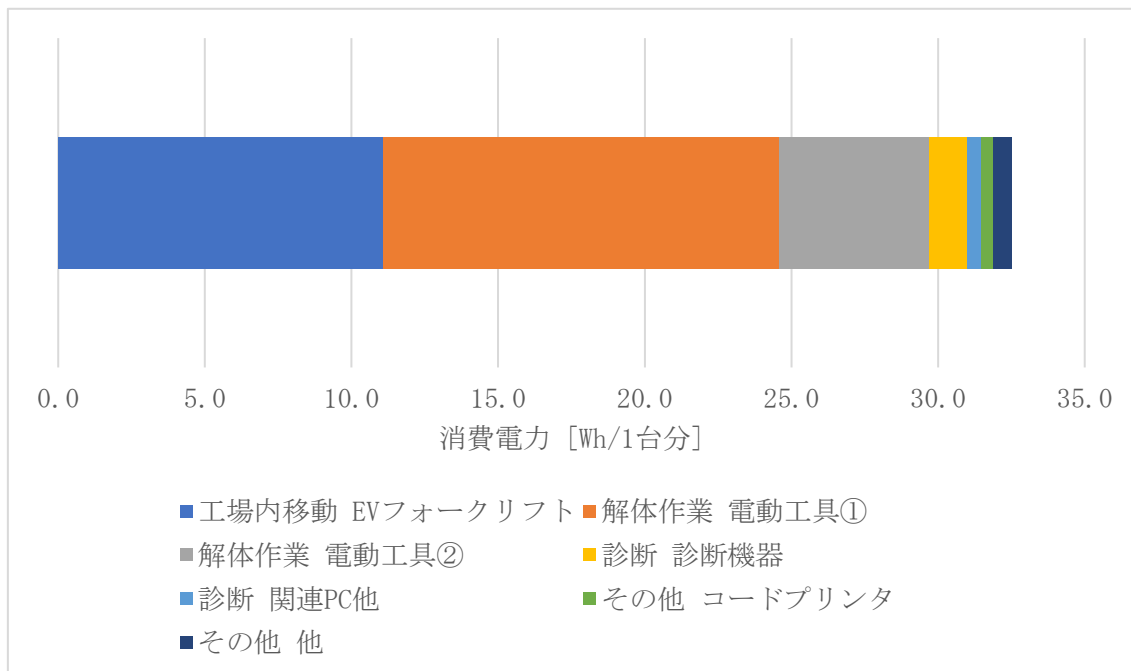


図 27 バッテリー解体関連の消費電力量

工場内での消費電力については、工場内での移動に用いる電動フォークリフト、解体のための工具が大きい。ただし、データは精査中であるが、参考までにリユース向けセルおよび回収されたスクラップ等の次のプレーヤーまでの輸送にかかる CO2 排出量と上図の電力消費に由来する CO2 排出量を比較するとほぼ無視できる規模であることを付け加えておく。このことからサプライチェーン全体での立地の最適化が重要になることが間違いない。

2.1.7.5 流通モデルの構築

ここでいう流通モデルとは、バッテリーのバリューチェーンをモデル化し、主として使用済み自動車から取り外されたバッテリーの流れを検討するものである。最終的には CO2 排出量の削減効果を算出するためのパラメータ等を求めるためのものであり、その結果をアプリへの反映を検討する予定である。なお、このシミュレーションモデルは解像度が高い、感度解析等の可能なシステムダイナミクスモデルとして構築の途中である。このモデルの概略を以下の図 28 に示す。

この流通モデルは、天然資源採掘から、新品バッテリー製造（図中 LIB と記す）、自動車の保有、解体、車載バッテリーパックそのままのリユース（LIB 車リユース）、それ以外の本事業が想定しているリユースバッテリー（再生 LIB）製造、利用、回収、そしてリサイクルといったフローを描くものであり、そのフローを決定するパラメータとしては、バッテリー利用製品の利用パターンに分布を持たせており、これが使用済み製品としての排出と、排出・解体されたバッテリーが再利用可能かどうかに影響を与えるモデルとなっている。また診断技術の精度（診断精度）が上がるほどその判断の結果再利用向けが増えるとする仮定を取り込

真のとおり、種別・サイズごとに安全性に留意のうえ、保管仕分けをおこなっている。

今後、LIB の回収が増加するにつれ必要となる保管設備・建屋の増設を検討している。分解・診断後のグレードにより、モジュールやセルごとに保管することとなるため、後続オペレーションが効率的なものとなるよう、鉛蓄電池と LIB 等で設備を分けるべく検討を進める。例えば、ラックごとにグレードを設定し、診断・二次元コードを張り付け後、得られたグレードごとに仕分け・保管しておく。そして、顧客からの要求仕様が得られればそれに応じたグレードのものをラックから引き出し出荷する、といったオペレーションが想定される。セル・モジュール等の荷姿やそれらのグレードにより仕分け方法はさまざま考えられるが、仕分けのためのラック等設備導入は顧客の要求仕様対応への作業効率性と保管効率性を踏まえたものとする。



図 29 バッテリー保管場所風景

- 実施状況

パックの分解を行い、セルと外装関係（プラ・アルミ等）で仕分けを実施した。外装部分に関しては今後の調査によってはさらに分別する可能性がある。先述のとおり、廃棄処分にあたっては、資源として有価となる場合があり、処分費用も重量・体積による。また、CO2 排出量の計算にあたっては、分別は重要となる。廃棄処分までのフローを見据え、効率的な分別方法を、実証を通じ検討する。



図 30 バッテリー分解風景

● 実証概要

本事業の実証のための施設を確保し、当該施設に一連の業務フロー実施に必要な設備（分解に必要な作業台や工具、廃棄物等分別に必要な移動式容器等）を搬入して実証をおこなった。実証では、図 24 に示すバッテリー回収・分解業務フローに則り、入庫～出荷の各作業工程を対象として、業務アプリケーションを操作しながら演練をおこなった。

業務アプリケーションの操作およびそれに関連する入庫・出荷作業に関しては計画どおりに実施することができ、バッテリーパックや分解後のセル・モジュールのアプリケーション上での管理に関しても問題は発生しなかった。ただし、分解後のセルに二次元コードが印刷されたシールを貼り付ける作業がその都度発生するため、将来的に、取り扱うバッテリーパックの個数が増加した場合にはその作業が煩雑化する可能性がある。セル・モジュール管理作業の効率化あるいは自動化が求められる。

バッテリーパックの分解作業では、3種類のバッテリーパックを対象として、モジュールまでの分解工程、セルまでの分解工程のそれぞれについて、分解手順の確認や作業上の留意点の把握、作業時間の計測を実施した。バッテリーパックの分解にはいずれも1時間以上を要し、また分解時にネジが潰れ一部のモジュールの取り外しが困難になったケースもあった。事業性の観点からは、バッテリーパックの種類ごとに効率的かつ安全な分解作業手順を確立し、作業時間の短縮を図るとともに、例えばマニュアルの作成等によりノウハウを蓄積・共有す

ることが必要になると考えられる。

また、バッテリーパックの分解作業に伴う各種部品の仕分けでは、部品を樹脂類、金属類、配線類、その他に分類し、それぞれの重量を測定した。その結果を下図に示す。バッテリーパックの総重量に占めるセル・モジュール以外の金属・樹脂類の重量比率はEVで約31%、HEVで約66%を占めていた。バッテリーパックの分解に伴い部品を仕分けることは資源の再活用のみならず、運搬の効率化ならびに運搬時のCO2排出量削減にも寄与すると考えられる。

セルの劣化状態の高速診断では、バッテリーパックから分解されたセルを対象としてインピーダンス測定と診断を実施した。測定に際しては、簡易的に作製した治具にバッテリーインピーダンスメータの端子を固定し、その上にセルを設置することによってセルの自重によりセルと端子の接触位置を安定させ、測定の再現性を高めた。同一のセルに対して複数回のインピーダンス測定をおこなったが、測定値に大きな変化は見られなかった。本実証ではひとつのセルごとに測定をおこなったが事業化の際には測定にかかる時間短縮のため、同時に多数のセルを診断する必要がある。中国メーカー等の事例を参考にしながら、精密測定機器メーカーと連携して、導入する治具の仕様検討を進めている。

一連の実証を通じて、各工程の作業ならびに業務アプリケーションの操作を滞りなく実施することができた。一方で、特にバッテリーパックの分解、セルの劣化状態の診断に関してはノウハウの蓄積、設備・機器の導入による作業効率の向上の余地があると考えられる。

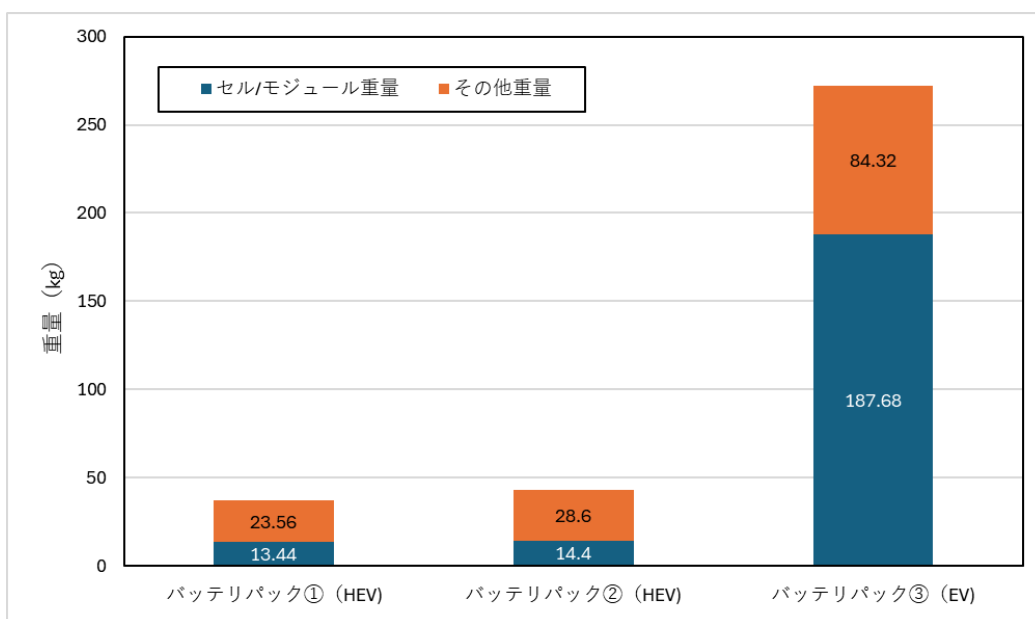


図 31 バッテリーパックの重量



図 32 実証の様子

2.3 実施結果を踏まえた考察

これまでの実施した内容から、使用済みバッテリーを取り扱う事業者、自動車解体業者、使用済みバッテリー回収業者、リユースバッテリー製造業者それぞれが、リユース・リサイクル業務の円滑な遂行のために電池情報の連携を必要としていることが明らかになった。また、使用済みバッテリーの価値を高めることについても期待が高く、各事業者が将来のEV普及を見据えて活動を始めている。使用済みバッテリーの状態の情報提供と安定的な供給が成立すれば効率的なリユースバッテリー製品の製造が実現し、リユース事業拡大に繋がると考える。また、本プラットフォーム上で連携される情報を用いて、使用済みバッテリーの分解、リユース、リサイクルへ連携される過程の追跡が可能になり、さらに多くの事業者に利活用を促すためには、これらの情報利用のための利便性を向上することが重要と考える。

使用済みバッテリーの分解工程の分析とCO₂排出量測定に必要なプロセス検討を通して、分解の効率化のため業務フロー、物理的なバッテリーと付随する情報を取り扱う業務フローの設計と想定される業務アプリケーションの検討をおこない、必要な機材の分析と実際の調達を実施した。

以下に、まず総論としてWeb3プラットフォームの有用性を考察し、後段で目標とした効

果が得られたかを考察する。

2.3.1 Web3 プラットフォームの有用性

初年度実証実験を振り返りながら Web3 プラットフォームの有用性を考察する。図 33 は自動車リサイクルにおけるバッテリーのリユース、リサイクルの流れであり、シェードを掛けた部分が初年度の実証実験対象である。この図ではサプライチェーンのアクターたちが 1 対 1 で繋がっているが、実際のサプライチェーンでは N 対 M で接続しており、複数の取引先の身元（アイデンティティ）の識別が大切である。また再生バッテリー製造業者から見たバッテリー診断業者のように直接取引がない者の身元が明らかになることは診断結果の信憑性に関わる重要事項である。またバッテリーパック、セル、再生バッテリー、再生製品（ここでは ESS で代表）の個体を識別する識別子も不可欠である。

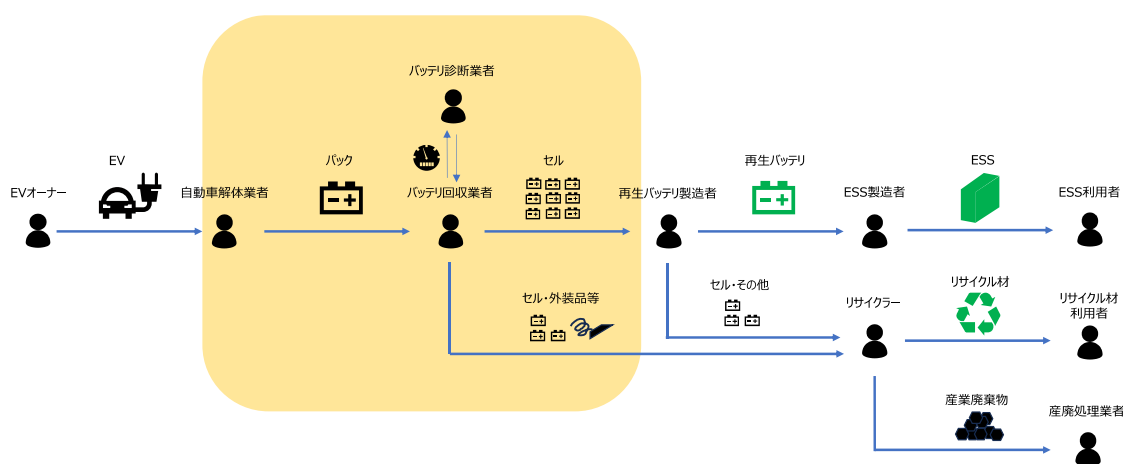


図 33 バッテリーのリユース・リサイクルフロー

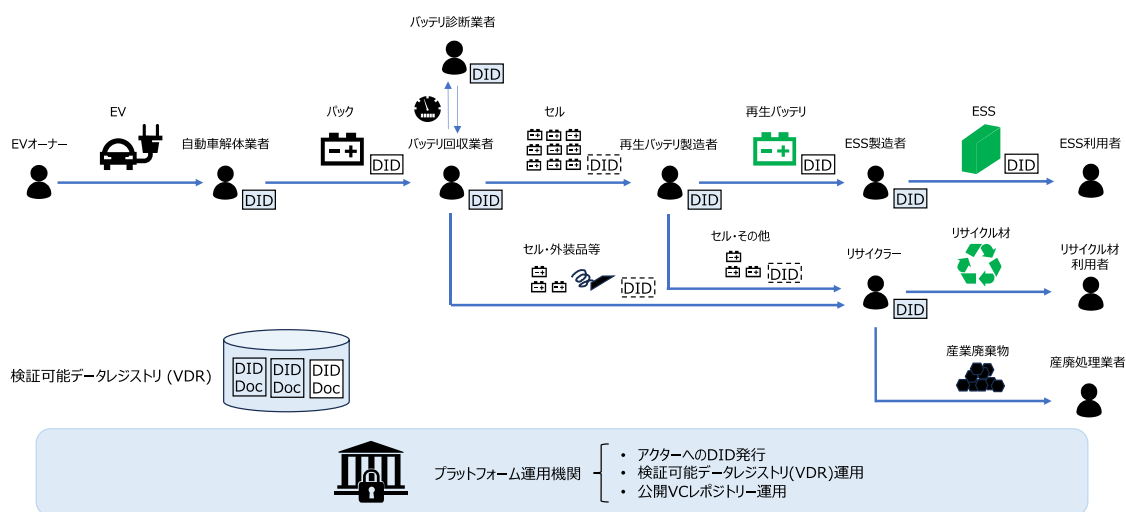
上記問題に対応するため、実証実験では図 34 に示すように組織とモノのそれぞれに Web3 技術による識別子である DID を付与した。DID の仕様は、W3C DID で標準化されている部分と事業者委ねられている部分があり、それらをまとめて DID メソッドとして実装する。本実証実験では、did:bace と名付けた DID メソッドを開発したが、その要点は以下のとおりである。

組織の DID は組織からの要求に基づいてプラットフォーム運用機関が発行する。組織の実在性、DID の唯一性 (uniqueness)、組織の秘密鍵・公開鍵との対応はプラットフォーム運用機関が保証する。DID を発行することで組織に対応するデジタルツインがプラットフォーム上に構築され、組織間の (例えばバッテリー回収業者とバッテリー診断業者間の) メッセージ交換を DIDComm プロトコルによってセキュアにおこなえることが確認できた。

モノの DID は、そのモノの管理者が発行する。DID の中に管理者自身の組織の DID を含むことで DID の唯一性が保証される。モノの DID にも秘密鍵、公開鍵を持たせることは可能であるが、今回はバッテリーパックが附与の対象であり、これをデジタルツインとして能動

的に動作させる必要がなかったため鍵の付与はおこなっていない。ただし次年度以降に管理対象とする再生バッテリー、再生製品については鍵を付与してデジタルツイン化することを検討する。

DID に対応する公開鍵、サービスエンドポイント等の公開情報を DID ドキュメント (DID Doc) に含めて検証可能データレジストリ (VDR) に登録することで、誰でも取得できる (リゾーブできる) ことが確認できた。これにより DID を持つデジタルツインから発信されたメッセージが正当な発信者からのものであることを検証できた。VDR はプラットフォーム運用機関が運用している。



バッテリーパックやセルに関する情報は検証可能な資格情報 (VC: Verifiable Credential) として公開、交換できることを検証した。図 35 に示すようにバッテリーパックの基本情報は公開 VC として公開 VC レポジトリに公開することで誰でもアクセスできることが確認できた。一方セルの診断情報などの機密情報は非公開 VC として当事者間だけで授受することも確認できた。

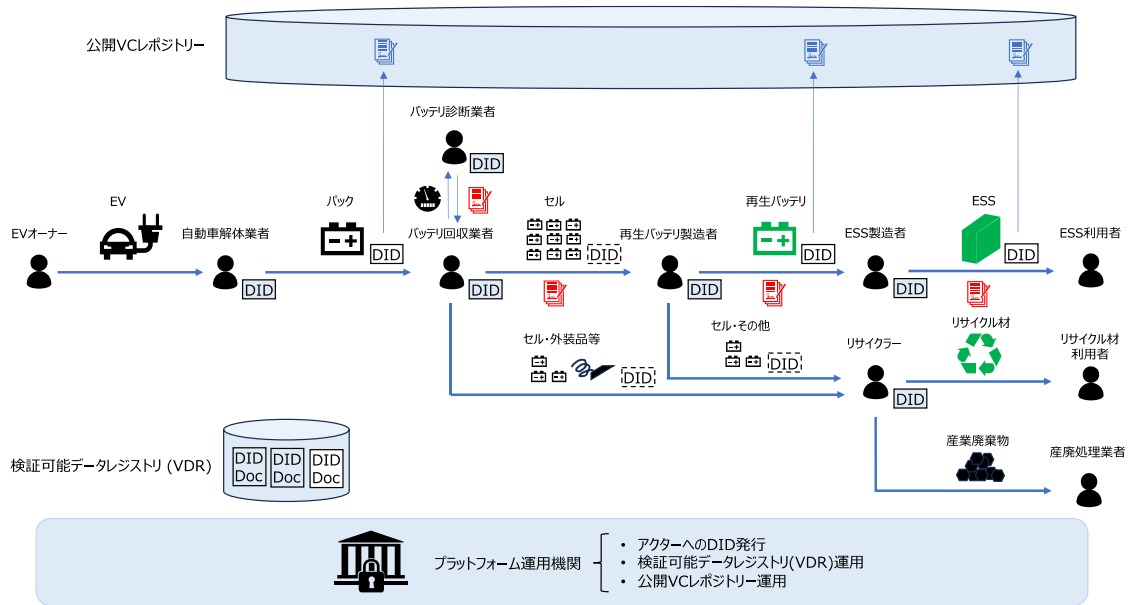


図 35 公開および非公開 VC

下図は公開 VC の利用例である。バッテリー回収業者が自動車解体業者から在庫したバッテリーパックに DID を付与し、その DID を対象 (subject) とした公開 VC を作成、署名して公開 VC レポジトリに登録している。VC には当該バッテリーパックが搭載されていた EV の情報、EV を解体した解体業者の情報、バッテリーセルの定格容量、製造日等、バッテリーパックを回収して DID/VC を登録した回収業者の情報が含まれる。さらにパックに含まれる複数個のセルの利用状況も記録される。下図はパックをセルに分解する前の状態を示しているため、利用状況はすべて不明になっているが、個々のセルの容量を診断してリユース、リサイクルに用途を振り分けると利用状況は更新されていく。これによりバッテリーや EV の製造者はバッテリーがどのようにリユース、リサイクルされたかをトレースすることができる。



リユース 0
リサイクル 0
除却 0
不明 80

解体		
組織名称	自動車解体社	
識別子	BACE-10002	
住所	兵庫県尼崎市東七松町1丁目23-1	
メール	dismantler@example.co.jp	
登録管理者	組織名称 BACE協会	
発行日	2023-12-10T01:55:06.000Z	
識別子	P0000000038	
搭載車両	製造者	組織名称 日産
	モデル	DAA-HE12
	車台番号	HE12-244358
	初度登録年月	2019/1
	オドメーター	値 0 km
総セル数	80	
構造	pack	
バッテリーセル	定格容量	値 5 Ah
	正極種別	NMC
	製造日	2019/1
	モデル	DAA-HE12
カーボン	走行距離	値 117 km
登録者	組織名称 株式会社アクト	
解体事業者	組織名称 自動車解体社	
解体日	2024-01-17T00:32:40.085Z	
発行日	2024-01-17T00:35:07.000Z	

図 36 入庫したパックを公開 VC として登録 (VC 中の組織名などは仮称)

下図は非公開 VC の利用例である。バッテリー回収業者はパックからセルを取り出すと左の写真に示す装置で個々のセルの交流インピーダンスを測定し、周波数 0.1Hz から 10kHz の範囲で 50 段階の周波数特性データを診断業者に送付する。診断業者はこのデータからセルの容量を推定し、定格容量に対する比率を SoH として回収業者に返す。このやり取りは回収業者と診断業者のデジタルツイン間で DIDComm を通じてセキュアに行われる。そして診断結果は非公開 VC として診断業者の署名付きで回収業者へ送られる。



図 37 セルの診断結果を非公開 VC として授受

以上のとおり、自動車リサイクルにおけるバッテリーのリユース、リサイクルに関してサプライチェーンの参加者および取引されるモノの身元の確認、状況に応じたセキュアなデータの公開および授受が Web3 プラットフォームで期待どおり行われることを検証できた。

2.3.2 電池性能取得作業の効率化

電池性能取得作業では、使用済みバッテリーの現在の容量 (SoH) を得るためにバッテリーを測定・診断する。その既存手法と今回開発した手法との比較をおこなう。

表 23 診断手法比較

	既存手法	今回の手法
電池性能取得方法	実際に充放電をおこなう	インピーダンス測定を行い、容量推定をおこなう診断アルゴリズムを適用する
利点	正確な値を取得できる	高速に診断が可能
弱点	測定に時間を要する	推定精度は別途担保が必要
必要な設備 (各手法に専用なもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 充放電測定装置 ・ 充放電電源装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・ インピーダンス測定器 ・ 診断アプリケーション
必要な設備 (両手法に共通なもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 測定適正化治具 ・ 多チャンネルスイッチ 	

電池性能取得作業では次のタスクをおこなう。既存手法と今回の手法で要する時間が異なるのは、測定・診断 (D) のタスクのみである。その時間の比較をおこなった。

表 24 診断作業ごとの作業差

時間	タスク	既存手法と今回手法
診断前作業時間 (PR)	診断対象を運び込む	同じ
	診断対象をシステムに入力する	同じ
	測定器に接続する	同じ
測定・診断時間 (D)	測定器を使用し測定を実行する	要する時間が異なる
	診断機能を実行する	今回手法のみに必要
診断後作業時間 (PO)	測定器から取り外す	同じ
	診断対象を保管する	同じ

初年度は、今回の手法を実測した。比較対象の既存手法は、一般的に充放電装置を用いた充放電法とし、作業時間は理論上の値を用いる。充放電法では、正確な SoH を測定するためには低電流での充電をおこなう。C レート 0.2C での充電をおこなった場合、放電に要する時間を除いても、5 時間を要する。

また、初年度における実測は 1 チャンネルでおこなった。多チャンネル化をおこなった場合、インピーダンス測定はシリアルな順におこなう必要がある。従って、測定に要する時間は 1 チャンネルの測定に要する時間×チャンネル数となる。

充放電装置は多チャンネル化が可能であり、充放電はパラレルに実行することができる。

従って、測定に要する時間はチャンネル数によらず一定である。

下表では 10 チャンネルを使用した場合を比較する。

表 25 測定・診断所要時間の比較

タスク	既存手法 (理論上)	今回の手法 (実測)	
		1 チャンネル	10 チャンネル
測定器を使用し測定を実行する	～約 5 時間	138 秒	1,380 秒 (23 分)
診断機能を実行する	N/A	1 秒未満	

以上明らかに今回の手法が診断を高速におこなうことができる。その費用比較については、比較対象のコンフィグレーションに依存するところであるので、今後の検討ではあるが、一般に多チャンネル化にはコストを要し、充放電の多チャンネル化の場合は、それに応じて充放電電源装置の拡張をおこなう必要がある。インピーダンス測定が多チャンネル化はスイッチのみである。本手法の費用負担の方が小さいことが期待できる。また、充放電法は実際にバッテリーに対して充電と放電をおこなうことから、不都合のあるバッテリーに対しては発熱・発火などの危険性が伴う。インピーダンスを用いた測定では少量の電流を用いるため安全性は大幅に改善される。

電池性能の診断をおこなうアプリケーションを開発するためのコストの低減効果を、業務アプリケーションの一般業務機能に診断に関わる機能をすべて独自開発した場合と、今回開発したプラットフォーム上の診断サービスを利用する場合で比較した。

表 26 独自開発とプラットフォーム利用時の必要開発機能の比較

	電池性能の診断を実現する前の業務アプリケーションに加えて必要な機能	独自開発時	プラットフォーム利用時	
			開発の必要	診断サービスの利用
1.	診断に必要な情報の収集			
1-1.	車両情報の保存管理	必要	不要	可能
1-2.	分解後セル/モジュールのモデル情報の保存管理	必要	不要	可能
1-3.	CFP 情報の保存管理	必要	不要	可能
2.	診断			
2-1.	診断対象の読取り	必要	不要	可能
2-2.	測定結果の保存管理	必要	不要	可能
2-3.	診断結果の保存管理	必要	不要	可能
2-4.	診断アルゴリズムの更新	必要	不要	可能
2-5.	診断アルゴリズムモデルデータベース	必要	不要	可能

	スの構築			
3.	診断結果利用			
3-1.	在庫管理との連携	必要	必要	
3-2.	仕分けでの利用	必要	必要	
3-3.	診断結果の共有	必要	不要	可能
3-4.	診断結果の証明発行	必要	不要	可能
3-5.	CFP 情報の公開	必要	不要	可能

今回開発した機能を使用することで、必要開発項目 13 項目中 11 項目（約 80%超）に削減をおこなうことができることを確認した。

使用済みバッテリーに関わる事業者に対して、本事業のプラットフォームの使用を促す効果が期待できると考える。

今後の課題

本事業初年度の活動の中では、次の限定があった。

- 診断の対象としたのは数種のバッテリーのみであった。
- 測定適正化治具が使用できず、簡易的治具を用いてシングルチャンネルでの測定をおこなったのみであった。
- 診断に関わる業務ワークフローについては限定的なシナリオのみを想定した。
- 診断の精度については検証しなかった。

本プラットフォームの商用化に向けては、初年度実施できた範囲を超えて機能の拡大を図る必要がある。そのために、次年度に向けて次の課題がある。

- 多様な種別のバッテリーを診断する必要
- 多チャンネル化と、さらなる高速な診断の必要
- 業務に合わせた診断の必要
- より正確な診断の必要

2.3.3 CFP 算定の効率化

電池解体作業を中心とした電池リユースプロセスにおける CFP 算定のためのデータ取得および算定の業務の効率を、一般的な手作業で実施する方法と、関連データを自動で収集して算定に用いる方法で比較する。

表 27 データ取得方法の比較

	一般的な方法	自動取得手法
データ取得方法	走行距離、消費電力などの計測を PC 等に手入力する	集計可能な各種センサー等のデータを自動集約

主な自動取得項目	<p>下記はカタログ等の固定値なので、事前取得可能で定期更新のみで対応する</p> <ul style="list-style-type: none"> 工場外での車両の燃費、CO2 原単位 電力の CO2 原単位 工場内輸送のフォークリフトの移動距離に対する消費電力 電動工具の使用時間に対する消費電力 	<p>先の他に下記を自動取得可能</p> <ul style="list-style-type: none"> 工場外の車両の走行距離を目的場所別にリスト化（選択） 工場外の車両の種類に応じた燃費のリスト化（選択） フォークリフトの構内走行距離を目的場所別にリスト化（選択） フォークリフトの車種に応じた消費電力のリスト化（選択） 診断器等の設備稼働時の電力消費データ取得
----------	--	---

一般的な方法では、走行距離のデータ確認とメモから PC への入力などの工程で約 5 分を要し、これらが、行き先のリスト選定をおこなうことで走行距離の自動算定をおこなえば、数秒（ここでは 5 秒に設定）でのデータ取得が可能になる。こうした CO2 算定のためのデータ取得の自動化を進めることで、CFP 算定に伴う業務の効率化が可能になる。作業プロセス全体を対象とした場合、以下のように効果が算定される。

表 28 作業削減効果

時間	タスク	作業量 (人・秒)	削減効果
入庫輸送	走行距離算定	300	98%
	車両燃費等データ取得	300	98%
	その他（重量計測等）	70	なし
一次仕分け	構内輸送距離算定	300	98%
	車両燃費等データ取得	300	98%
	その他（電池 ID 計測等）	40	なし
分解	構内輸送距離算定	300	98%
	車両燃費等データ取得	300	98%
	電力計測データ取得	60	92%
	その他（電力消費等）	50	なし
診断測定	構内輸送距離算定	300	98%
	車両燃費等データ取得	300	98%
	その他（重量計測等）	40	なし
出荷輸送	走行距離算定	300	98%
	車両燃費等データ取得	300	98%
	その他（重量計測等）	120	なし

集計業務	600	98%
削減効果	3,980 (1h6m20s)	90%

初年度は、実証プロセスで試験を行い、電力計測時間、輸送時間の試験より構内作業の概算値を求め、簡易的な計算より効果を算定した。結果として、本プロセスに要する作業は1時間程度であり、そのうち計測にかかる業務時間が長いものは走行距離を算定する部分と、使用した車両の特性を入力する作業であり、自動化やリスト選択などをすることで、時間短縮による効率化が可能である。結果として、想定する改善効果 90%は達成することが算定された。1台の電池パックから始まり、1セルまでの出荷準備をるところまでの一連の計測業務にかかる時間が1時間程度と、業務への影響が大きかったが、6分程度に短縮することで CFP 算定にかかる業務コストを実施可能なレベルに低減可能であることが確認された。

今後の方針

- 今回の算定結果では、基本的な業務の概算で概算しており、一定期間の運営によって効果を評価したものではない。今後は、長期の実作業でデータを蓄積するために、プラットフォームで動作可能で、サービスとして活用可能なアプリケーションの開発をおこなう。

2.3.4 データ交換の効率化

データ信頼性を特定組織に依存せずに確保することで、複数事業者にまたがる情報収集を効率化する。データ信頼性を特定組織に依存せずに確保するために、Web3 の非中央集権的技術を使用した。具体的には、下記の技術を使用した。

- 非中央集権的識別子 (DID)
- オーソリティに依存しない検証可能な証明書 (VC)
- ピアツーピアな秘匿メッセージ交換 (DIDComm)

しかし、非中央集権的技術を使用しても必ずしも相互運用性が確保されるとは限らない。相互運用性の実現のために利用者が面する技術的ハードルもある。その理由として、下記があげられる。

- 標準的仕様の欠如
- 標準的仕様の中での相互運用性の欠如
- 標準的実装の欠如
- 利用者による自力開発の技術的ハードルとコスト

これら課題について、下記による解決を図った。

- 相互運用性のための仕様化
- 相互運用性のプラットフォーム化

検証では、これら開発した機能を、バッテリー排出業者から排出された車載バッテリーパックをバッテリー回収業者が分解し、診断を行い、その診断情報と共に分解されたバッテリーセルをリユースバッテリー製造業者へ出荷するという業務プロセスに適用し、データ交換が実際に効率的に行われることを確認した。

情報流通プラットフォームを支える技術として、これら Web3 技術を今後も継続的に使用し、さらに拡張していくべきと考える。

次にデータ交換の効率化に関して掲げた以下の目標について考察する。

- データ交換の証明書発行費用90%低減
- 連携システム開発工数70%削減

2.3.4.1 データ交換の証明書発行費用低減

検証可能な資格証明書（VC）は発行者により電子署名されるが、証明書の真正性とインテグリティの検証には電子署名に使われた秘密鍵に対応する公開鍵が確かに発行者のものであることが保証されていなければならない。本プロジェクトでは W3C DID 標準に従い、自己生成した秘密鍵・公開鍵ペアの公開鍵を DID ドキュメントの一部として VDR（検証可能データレジストリ）に登録することでこれを保証している。また DIDComm によるピアツーピアのコミュニケーションにおいてもメッセージを送信相手の公開鍵で暗号化するが、ここでもその公開鍵が確かに相手のものであることが保証されることが前提となっている。

公開鍵暗号方式の公開鍵・秘密鍵、その所有者、所有者の識別子の結び付きを保証するには従来は認証局が発行する証明書に頼ることが一般的であったが、本プロジェクトではそれが不要になるため、認証局の利用コストが削減できる。代わりに VDR の運用コストが発生するが、このサービスは鍵を生成するデジタルツインたちで共有できるためデジタルツイン当たりのコストはシステムコストをデジタルツインの数で割った値となる。証明書発行を有料サービスとした場合はエコシステム内でサービス料の授受があるが、エコシステム外へのキャッシュアウトは発生しないためこれは計算から除外する。以上から証明書発行コスト削減は以下のように算出される。

$$\text{証明書発行のコスト削減（円）} = \text{認証局の証明書料金} - \text{VDR のシステムコスト/デジタルツインの数}$$

$$\text{全証明書発行のコスト削減（円）} =$$

認証局の証明書料金 × デジタルツインの数 - VDR のシステムコスト

エコシステム全体の費用削減率 (%) =

全証明書発行のコスト削減 ÷ (認証局の証明書料金 × デジタルツインの数)

パラメータの値が以下の場合、費用削減率はデジタルツインの数によって下表のように計算される。

- 認証局の組織認証型証明書料金 = 50,000 (円/年)
- 認証局のドメイン認証型 (保証なし) 証明書料金 = 1,000 (円/年)
- VDR のシステムコスト = 360 万~600 万 (円/年)

表 29 証明書発行費用比較

費用項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3
① 認証局の組織認証型証明書料金 (円/年)	50,000	50,000	50,000
② 組織のデジタルツインの数	30	50	100
③ 認証局のドメイン認証型 (保証なし) 証明書料金 (円/年)	1,000	1,000	1,000
④ モノのデジタルツインの数	6,000	25,000	100,000
⑤ VDR のシステムコスト (円/年)	2,400,000	3,600,000	6,000,000
全削減 (① × ② + ③ × ④ - ⑤)	5,100,000	23,900,000	99,000,000
削減率 (全削減 ÷ (① × ② + ③ × ④))	68 %	87 %	94 %

上表からプラットフォーム立上げ当初は参加組織数 30 社、バッテリーの年間取扱量 6,000 個 (参加企業当たり 200 個、重複を考慮すると 400 個) の場合の削減率は 68%だが、EV 増加に伴うエコシステムの発展により参加企業数 100 社、バッテリー取扱量 10 万個になった場合は削減率 94%になることが分かる。

2.3.4.2 連携システム開発工削減

使用済みバッテリーをモジュール、セル等に分解し、その診断情報等を自己主権型データとして管理する業務アプリケーションは以下の機能を持つ。

表 30 連携システム機能一覧

	機能	内容
①	アプリケーション機能	業務要件に従ってデジタルツインをコントロールし、検証可能な資格情報 (VC) を他のアプリケーションおよびバックエンドシステムと授受する <ul style="list-style-type: none"> ● ビジネスロジック ● システム IF

②	デジタルツイン機能	非公開データを検証可能な資格情報（VC）として管理し、他のデジタルツインと授受するために以下の機能を提供する <ul style="list-style-type: none"> ● プロトコルサービス ● リゾルバ・インターフェース ● ウォレット・インターフェース ● ウォレット（セキュアストレージ）
③	VC レジストリ機能	公開データを検証可能な資格情報（VC）として受け取り、Webインターフェースで誰でもアクセスできるように公開する <ul style="list-style-type: none"> ● デジタルツイン ● VC レポジトリ ● データベース

これらの機能をモノリシックアプリケーションとして実装することは可能であるが、アプリケーションに共通な機能②③を個々に開発することは開発効率が悪いだけでなく、インターオペラビリティの検証や保守に要するコスト増を招き好ましくない。

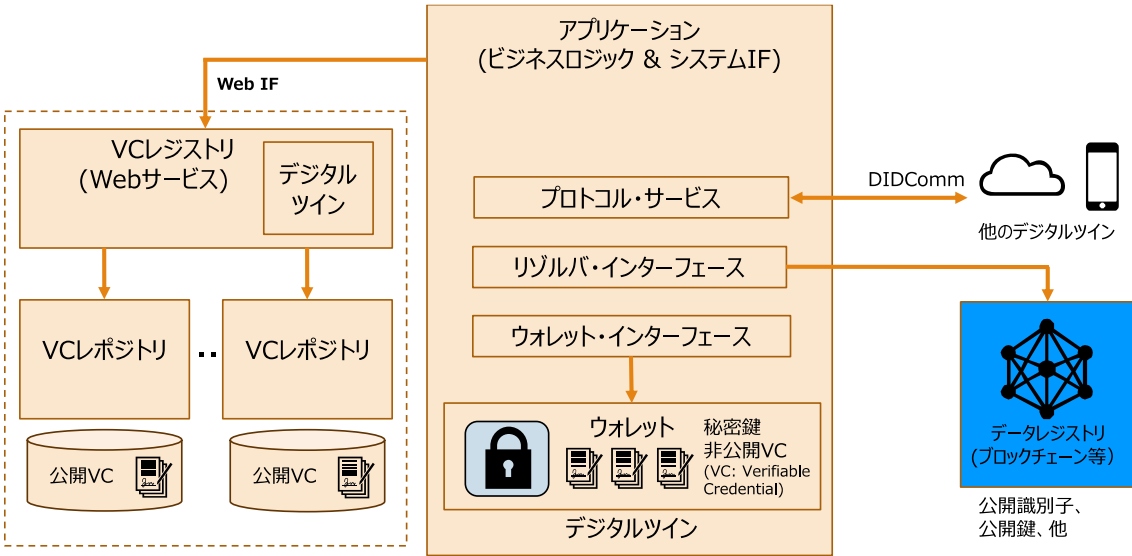


図 38 モノリシックアプリケーション

モノリシックアプリケーションの非効率性を改善するため、本プロジェクトでは上記共通機能②③を情報連携プラットフォームとしてアプリケーションから分離して提供した。これにより業務アプリケーション開発は業務固有のビジネスロジックとバックエンドシステムとのインターフェースに集中することができる。

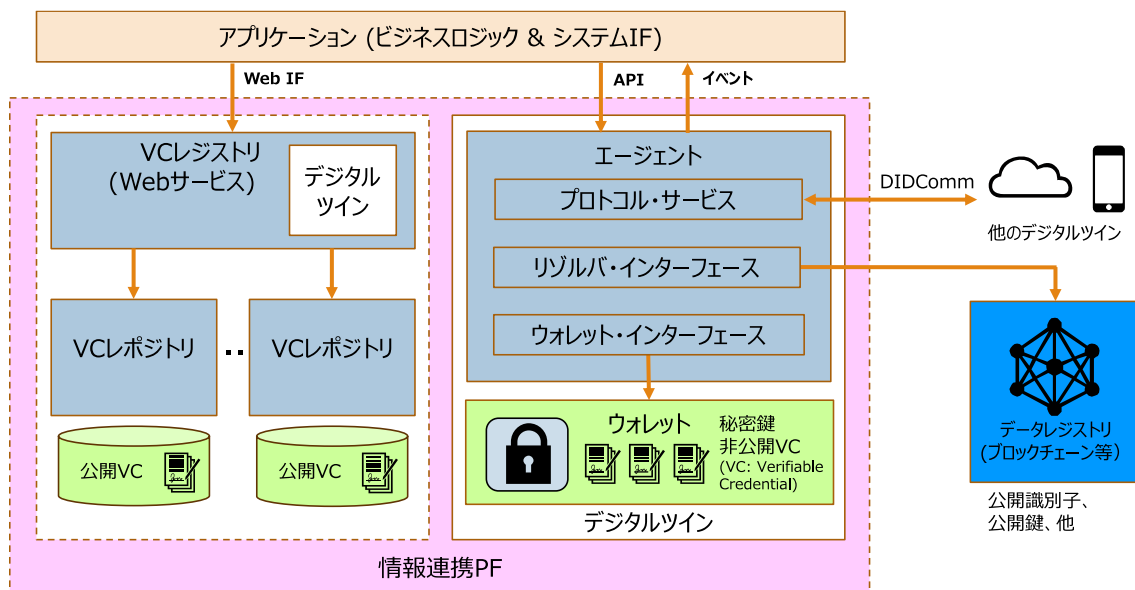


図 39 アプリケーションと情報連携 PF の分離

情報連携 PF の分離による効率化は以下の算式で定量化できる。

$$\text{効率化 (\%)} = \left(\frac{\text{情報連携 PF を分離したアプリケーションの開発工数}}{\text{モノリシックアプリケーション開発工数}} \right) \times 100$$

今回モノリシックアプリケーションは開発していないが、その開発工数は

$$\text{モノリシックアプリケーション開発工数} = \text{情報連携 PF を分離したアプリケーションの機能①の開発工数} + \left(\text{機能②} + \text{③の開発工数} \right)$$

と推定する。その場合、効率化は以下の式で計算できる。

$$\text{効率化 (\%)} = 1 - \left(\frac{\text{①}}{\text{①} + \text{②} + \text{③}} \right)$$

今回の実証実験を踏まえて①、②、③の開発工数を①を 100 として指数化し、上式に従って効率化を試算した結果を下表に示す。開発工数的には 7 割弱の効率化が PF によって達成できている。さらに開発の難易度は①が最も低く、求められるスキルは通常の Web アプリケーション開発の範囲内である。このため開発単価も①が最も低く、開発費的には 7 割以上の効率化が達成できると考えられる。

表 31 開発工数の試算

機能	内訳	開発工数	難易度
① アプリ機能		100	4.0
	ビジネスロジック	80	3
	システム I/F	20	5
② デジタルツイン機能		120	6.5
	プロトコルサービス	40	8
	レゾルバ・インタフェース	40	8
	ウォレット・インタフェース	20	5
	ウォレット（セキュアストレージ）	20	5
③ VC レジストリ機能		80	6.5
	デジタルツイン	40	8
	VC レポジトリ	20	5
	データベース	20	5
効率化 = 1 - (① ÷ (① + ② + ③))		67 %	

2.3.4.3 今後の課題

本事業初年度の活動の中では、本プラットフォームの想定利用者として、使用済みバッテリーに関わる業務プロセスの限定的なアクターを対象とした。また、そのアクターの業務ワークフローについても、プラットフォームの有効性を確認するために必要な部分のみを検討した。

今後本プラットフォームの商用化を図るにあたり、実務をより深く検証する必要がある。特に次年度は次の課題を検討することが必要と考える。

- ユーザビリティの向上の必要
- 業務ワークフローの拡大・精緻化の必要

3. 今後の実証事業実施における課題および解決方法等

3.1 現状の課題

本年度の事業を通して判明した実証事業遂行上の課題を以下にあげる。

表 32 課題一覧

#	課題	概要
1	情報流通プラットフォームの利用者の拡大	本プラットフォームの商用化のためには、想定される利用者の拡大を図る必要がある

		<p>本事業初年度においては、次の事業者をわたる業務プロセスを取り扱った</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ バッテリー排出業者 ・ バッテリー回収業者 ・ リユースバッテリー製造業者 <p>さらに本プラットフォームが扱う領域を拡大するためには、次が課題である</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ リサイクル事業者・最終処分事業者との連携強化 ・ リユースバッテリー製造業者との連携強化
2	情報流通プラットフォームの利用シーンの拡大	<p>本プラットフォームの商用化のためには、利用者が必要とする機能を提供する必要がある。そのために想定される利用シーンの拡大を図る</p> <p>拡大を図るために次が課題である</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ユーザビリティの向上 ・ 業務ワークフローの拡大・精緻化
3	情報流通プラットフォームの存続	<p>本プラットフォームを商用化後長く維持するためには、次が必要である</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本活動を支えるための仕組みを確立（ガバナンスモデルの確立） ・ 国内外の関連する活動と連携
4	分解・診断技術の実務への適用	<p>使用済みバッテリーの分解と診断については、実務に適用するために、反復的な効率的な作業順序や効果的な診断技術の検証をおこなう必要がある</p> <p>電池性能取得作業を効率化する計測診断アプリケーションについては、下記の課題がある</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 多様な種別のバッテリーの診断 ・ さらなる高速な診断 ・ 業務に合わせた診断 ・ より正確な診断

3.2 課題の解決方法

3.2.1 情報流通プラットフォームの利用者の拡大

本プラットフォームの商用化のために、想定される利用者を本事業初年度において想定した事業者から拡大することを図る。その課題について、次の解決方法を試行する。

表 33 情報流通プラットフォームの利用者の拡大への解決方法

課題	解決方法
リサイクル事業者・最終処分事業者との連携強化	本事業初年度のユースケース分析の結果として、リサイクル・最終処分されるバッテリーとその付属品についても、情報連携の必要があることが判明した。CO2削減、トレーサビリティの観点からもさらなる業務分析が必要である これらのユースケース分析をおこなう
リユースバッテリー製造業者との連携強化	一般的に想定される ESS へのリユースや他の用途へのリユースを検討している業界・企業との連携を強化し、リユース製品製造事業の効率化に必要な情報・機能のユースケース分析をおこなう

3.2.2 情報流通プラットフォームの利用シーンの拡大

本プラットフォームの商用化のために、利用者が必要とする機能を提供する。そのために想定される利用シーンの拡大を図る。その課題について、次の解決方法を試行する。

表 34 情報流通プラットフォームの利用シーンの拡大への解決方法

課題	解決方法
ユーザビリティの向上	本事業で構築するプラットフォームに蓄積される情報、例えばカーボンフットプリントや使用済みバッテリーの状態の確認など、さらなる活用のために情報のビジュアライゼーションを強化する
業務ワークフローの拡大・精緻化	本事業初年度に開発した業務アプリケーションは業務プロセス検証のために必要最小限な機能のみを実現したものである。今後、本プラットフォームを利用する各事業者の業務アプリケーションにおいて、バッテリーに関わる業務を遂行するために必要十分な機能を抽出する

3.2.3 情報流通プラットフォームの存続

情報流通プラットフォームを長く存続させるために次の解決方法を試みる。

表 35 情報流通プラットフォームの存続への解決方法

課題	解決方法
ガバナンスモデルの確立	業界横断的な議論とルール決めをおこなうため、業界団体や個別企業への働きかけ等コミュニケーションの強化を図る
国内外の関連する活動との連携	欧州バッテリーパスポートや MOBI の活動の情報収集と本事業との関連、連携を継続的に調査検討する

3.2.4 分解・診断技術の実務への適用

電池性能取得作業を効率化する計測診断アプリケーションを実務へ適用する際の課題について、次の解決方針と具体的な方法を次年度に試みる。

表 36 分解・診断技術の実務への適用への解決方針

課題	解決方針・方法
多様な種別のバッテリーの診断	<ul style="list-style-type: none"> 診断アルゴリズムの改良 診断手法の拡大
さらなる高速な診断	<ul style="list-style-type: none"> 診断アルゴリズムの改良 測定の多チャンネル化 診断手法の拡大
業務に合わせた診断	<ul style="list-style-type: none"> 各アクターの業務ワークフローに合わせた診断の実行 SoH 以外の診断、診断結果利用方法に応じた診断結果の出力（グレード診断）
より正確な診断	<ul style="list-style-type: none"> 診断アルゴリズムの改良 診断の入力となる測定の精度向上 測定環境の改善

上記解決方法のうち、特に重要なものと付随する観点について解決方法の詳細を説明する。

表 37 各解決方法の詳細

解決方法	内容
診断アルゴリズムの改良	<p>診断アルゴリズムの改良では次を目標とする</p> <ul style="list-style-type: none"> 多種バッテリーのサポート さらなる高速化 正確性の向上 <p>この目標は一度に達成されるものではなく、診断アルゴリズムを逐次改良していく必要がある。逐次改良する学習プロセスの導入を図る。学習プロセスに関しては下記参照</p>
診断手法の拡大	<p>診断手法の拡大では次を目標とする</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たなバッテリー種別を診断できる診断手法の導入 より高速な診断手法の導入 <p>この目標のために、今後開発が想定される次を使用可能にするための開発をおこなう</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たな測定器 新たな診断アルゴリズム
測定の多チャンネル	多くのバッテリーセルを一度に測定・診断できるよう測定の多チャンネル

化	<p>ル化をおこなう</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定適正化治具の導入 ・ 多チャンネル化の器具（スイッチ）との接続の開発
測定環境の改善	<p>実務に適用する場合、実験ラボと異なり、診断環境を一定に揃えることは困難である。この課題に対処し測定環境の改善を図るために、測定環境が診断精度に与える影響の解析をおこなう。診断精度に影響する要素として特に次があり、これら要素の影響を調べる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定接点 ・ 測定時温度 ・ 診断対象バッテリーの SoC（現在充電量）
学習プロセスの導入	<p>診断アルゴリズムは、診断対象のバッテリーの測定データと、当該バッテリーの性質データからなるバッテリーモデル情報を入力とし、診断結果のデータを出力するものである。</p> <p>診断モデルは、診断アルゴリズムが入力から出力を導き出すために必要なデータの集まりである。</p> <p>充放電データは、測定データと合わせて診断データの検証をおこなうために用いられる。</p> <p>学習プロセスとは、診断モデルと過去の測定データ、診断データ、新たなバッテリーモデル等を入力とし、新たな診断モデルを出力することを繰り返すプロセスのことである。</p> <p>学習プロセスを実現することで、継続的に診断アルゴリズムの改良をおこなうことを図る。学習プロセスの実現に必要なデータ管理として次を開発する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 測定データ管理（初年度開発） ・ 診断データ管理（初年度開発） ・ バッテリーモデル管理 ・ 診断モデル管理 ・ 充放電データ管理
電池管理のユースケース分析とモデル化	<p>バッテリーの診断結果やモデルなどの情報を価値化するためには、プラットフォーム参加者ごとに要求が異なり、それらに応じた診断技術・情報の提供をする必要がある。上述のような解決手段を事業参加者がどのように利用し価値化するのかを分析し、適切な「電池管理モデル」を設計する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電池情報（電池価値）利用ユースケースの分析 ・ 電池管理モデルの設計

3.3 次年度以降の助成事業展開

3.3.1 想定する事業の内容

本件の事業で検討・開発を進めた成果は、EV の電池をサーキュラーエコノミーの視点で最大限有効利用するための、BACE で掲げる CO2 管理まで可能な情報管理プラットフォームサービス事業に活用していくことを目指す。そのために、次年度は、2023 年の成果を活用するとともに、社会実装可能なプラットフォームとして活用でき、かつ、リサイクル部分までの CO2 管理、電池の運用管理まで拡張したシステムとして検討・構築を進める。

そのために、以下の項目を実施する。

表 38 2 年目実施内容詳細

2 年度実施事項	実施内容/目標	実施期間
⑧ ユースケース分析	<p>次年度実施内容の詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 内容：1 年目に引き続き本事業に関連する事業者、特に回収業者の前後の事業者へのヒアリングを実施し業務フローの精緻化とスマートフォン対応などユーザビリティの向上をおこなう ■ 目標：実証参加アクターの増加、ユーザビリティ向上 <p>当初提示内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 内容：新アプリとスマホをサポートする ■ 目標：電池管理の要件を分析する <p>変更点・変更理由</p> <p>変更はない。本年度開発したプラットフォーム構築では、主にリユース電池分解等の製造工程のユースケースを対象としたが、次年度は新たに構築したリユース等の電池システムを利用する工程のユースケースまで拡大する。これにより、新品と同程度にユーザの安心を確保して、リユース電池の普及に資するプラットフォームシステムを構築する。ここでは、主にリユース利用（中古利用）拡大に伴うユーザインタフェース等を構築し、実運用が可能なプラットフォームシステムにすることを旨とする</p>	24 年 4 月～ 7 月
⑨ 電池管理モデルの構築	<p>次年度実施内容の詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 内容：電池価値に関するデータの利用シーンとユー 	24 年 4 月～ 7 月

	<p>スペースの分析を行い、特に電池の価値判断に重要となる電池診断・履歴データ等の管理モデルを設計する</p> <p>■目標：電池に関するデータ管理モデル（電池管理モデル）の設計</p> <p>当初提示内容</p> <p>■内容：電池への余剰充電能力等の取引をおこなうことで、電池の余剰価値の最大利用をおこなうアプリケーションのアルゴリズムを設計する</p> <p>■目標：時間と場所に応じた電池の余剰能力を算定し、同時刻での自動充電等の制御をおこなう電池管理の機能を具体化する</p> <p>変更点・変更理由</p> <p>大きな変更はない。リユースバッテリー製品の余剰充電能力（電池価値）取引を実現するためには、一般的に品質管理の面で新品に比べて不安が大きく、リユースバッテリー製品の普及を妨げる要因のひとつとなっている。こうした課題を解決するために、バッテリーの状態に関する情報の活用が重要であることは明らかで、特にバッテリー診断結果、利用状況の履歴データの管理モデルを利用シーンとユースケースの分析を通して設計する。また、バッテリー利用状況の履歴データについては取得機能の開発をおこなう</p>	
<p>⑩システム設計・開発</p>	<p>■内容：⑧⑨の内容に従ってシステム設計・開発を実施する</p> <p>* 進捗状況の明確化のためタスクとして抽出</p>	<p>24年8月～12月</p>
<p>⑪CO2分析・システム開発</p>	<p>当初提示内容</p> <p>■内容：リサイクル段階のCO2分析・算定手法を構築、実装する</p> <p>■目標：電池の種類に応じた複数のリサイクルプロセスのCO2算定手法を実用可能とするシステムを開発する</p> <p>変更点・変更理由</p> <p>変更はない。CO2の分析においては、2023年度にリユ</p>	<p>24年4月～11月</p>

	<p>ースのプロセスをターゲットとしたので、2024年には、リサイクルのプロセスを追加する。リサイクルのプロセスは、リサイクルの技術、電池の種類や材料の種類に応じて、モデルは多様になる。一方で、CO2の評価が進んでいるものもあるが、データが揃っていないものも多いので、分析対象を選定して一部の技術、電池、材料における分析シミュレーションをおこなう。モデル分析では、リサイクル事業者とヒアリング等で連携してCO2削減分析プロセスを構築する。この際、リサイクル分野で可能な範囲でのDB構築とシミュレーション等をおこなう</p>	
<p>⑫設備導入</p>	<p>次年度実施内容の詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ■内容：バッテリー診断に用いる汎用治具の導入と診断アプリケーションの対応。バッテリー利用状況の履歴データの取得機能を開発する ■目標：診断業務作業効率の向上、バッテリー履歴データの取得機能開発 <p>当初提示内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ■内容：ESSとのインタフェース、スマートフォンの選択・接続 ■目標：スマホアプリでESSが管理できるようになる <p>変更点・変更理由</p> <p>本年度調達を延期した汎用治具の導入と診断アプリケーション側の対応をおこなう。（アプリケーション開発は⑩で実施する）</p>	<p>24年4月～ 11月</p>
<p>⑬検証</p>	<p>次年度実施内容の詳細</p> <ul style="list-style-type: none"> ■内容：拡大したユースケースを実際の業務フローを通して検証する ■目標：ユースケース分析を通じて設定した目標達成を確認する <p>当初提示内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ■内容：PFの検証、アプリの検証 ■目標：ユースケース分析を通じて設定した目標達成 	<p>24年12月～ 25年2月</p>

	<p>を確認する</p> <p>変更点・変更理由</p> <p>変更はない。本年度同様に実際の業務フローを想定した検証をおこなう</p>	
⑭報告書とりまとめ	<p>■内容：各社で検討～試験内容を整理し、報告書としてとりまとめる</p> <p>■目標：成果と課題が明確になるように整理する</p>	24年10月～ 25年3月

次年度の達成目標

次年度は事業全体の目標を維持しつつ、さらに以下の目標を設定し検証をおこなう。

表 39 2年目達成目標

達成目標	評価基準
ユースケースの範囲拡大とユーザビリティの向上	<ul style="list-style-type: none"> 参加業者の種類拡大 ユーザエクスペリエンス満足度の向上
電池管理モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> バッテリー利用状況の履歴データの取得・蓄積
バッテリー診断の効率化	<ul style="list-style-type: none"> 測定作業効率向上
診断アプリケーションの機能拡張	<ul style="list-style-type: none"> 診断アルゴリズムの追加 診断結果の検証

3.3.2 設備導入内容

表 40 ① 導入を検討する設備名、設備の概要

導入検討設備	設備概要	商品名・スペック
測定適正化治具 (アクト)	正確なインピーダンス測定を実現するために測定電極部分を固定し、同一力量にて計測可能にする	電極形状に合わせて調整可能な治具を製造

表 41 ② 設備の導入予定手順と導入タイミング

導入順序	導入手順	導入タイミング
1	汎用治具の設計を行い、検証に向けた「測定適正化治具」を製造・導入する	2024年4月～11月

表 42 ③ 設備導入による成果目標および検証方法

導入設備	成果目標および検証方法
測定適正化治具	<p>成果目標：各種電池に対応可能な治具を製造。電極接続部起因による診断結果影響が出ず、測定適正化が可能</p> <p>検証方法：同一電池において、複数回電池計測器にて診断を行い、診断結果に乖離が発生しないこと</p>

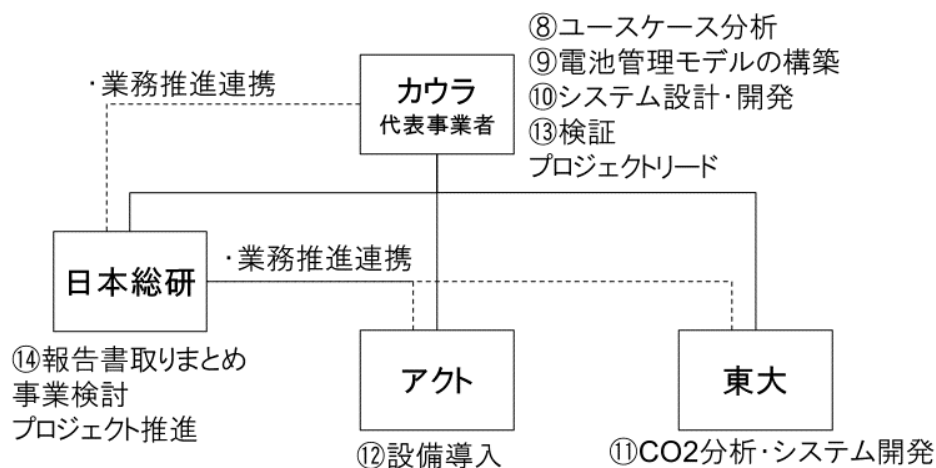
3.3.3 事業の実施体制

事業の実施体制は、2023 年度と同様に下記の体制で実施する。実施内容に対する役割を体制図に付記する。

表 43 事業の実施体制

事業者名	区分	主担当	その他
カウラ(株)	代表事業者	⑧ ⑨ ⑩ ⑬	プロジェクトリード
(株)アクト	共同事業者	⑫	
東京大学	共同事業者	⑪	
(株)日本総合研究所	共同事業者	⑭	事業検討、プロジェクト推進

図 40 実施体制



3.3.4 事業スケジュール

上記の項目を実施するにあたって、次年度以降、下記のような計画で進めていくことを想定する。特に、人件費として、PF 化の技術確立を進めるために技術要員を拡張することによって、次年度の人件費を設定している。

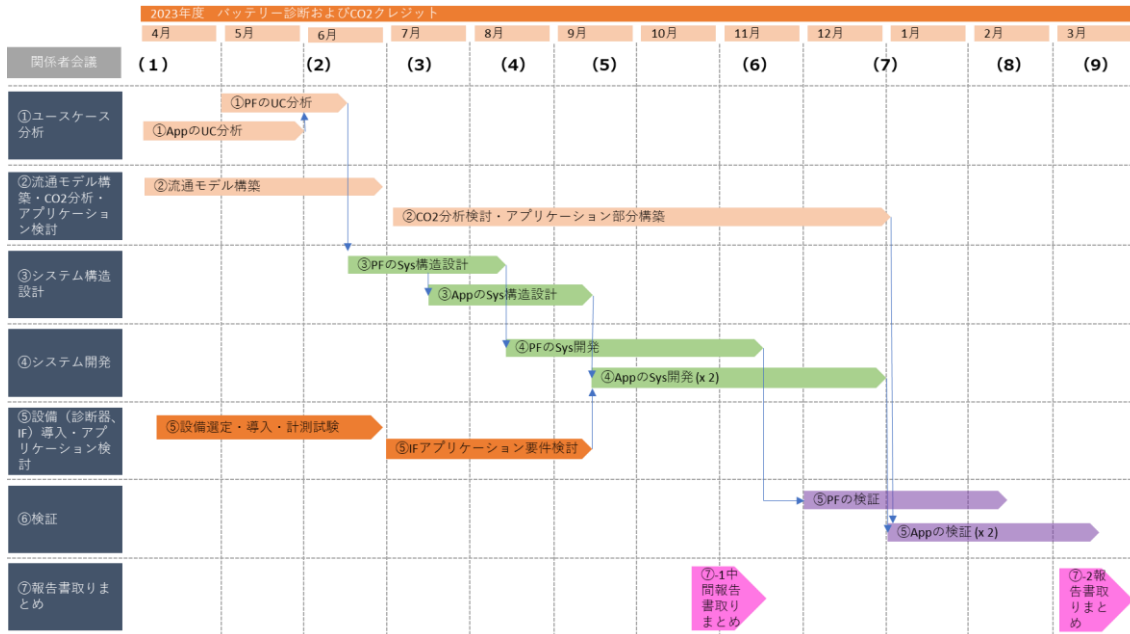


図 41 2023 年度活動スケジュール実績

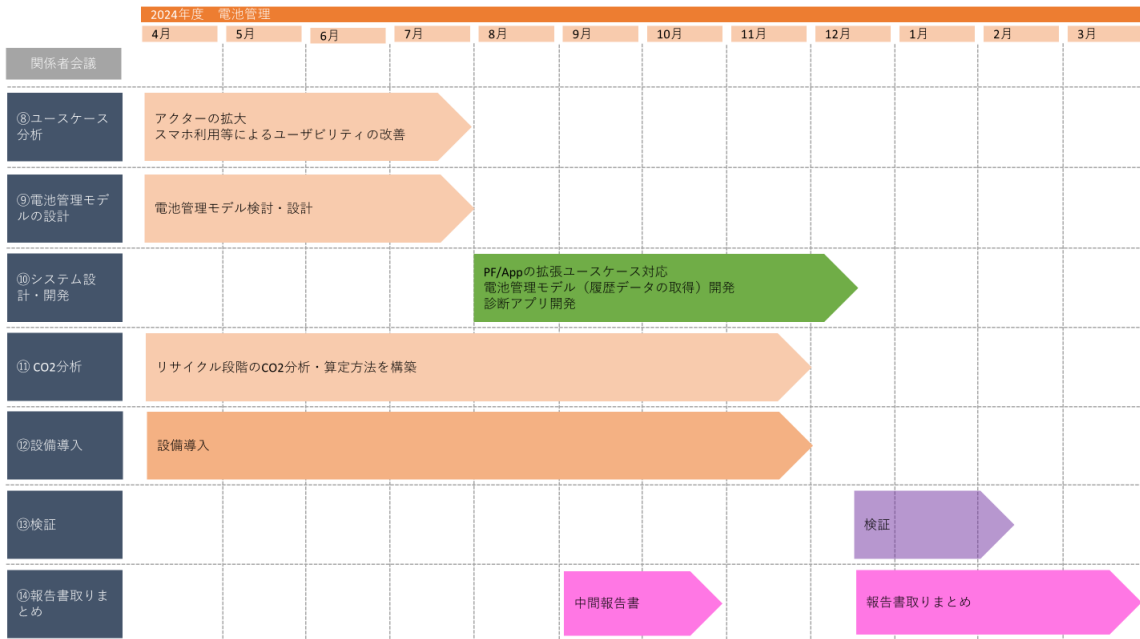


図 42 2024 年度活動スケジュール計画

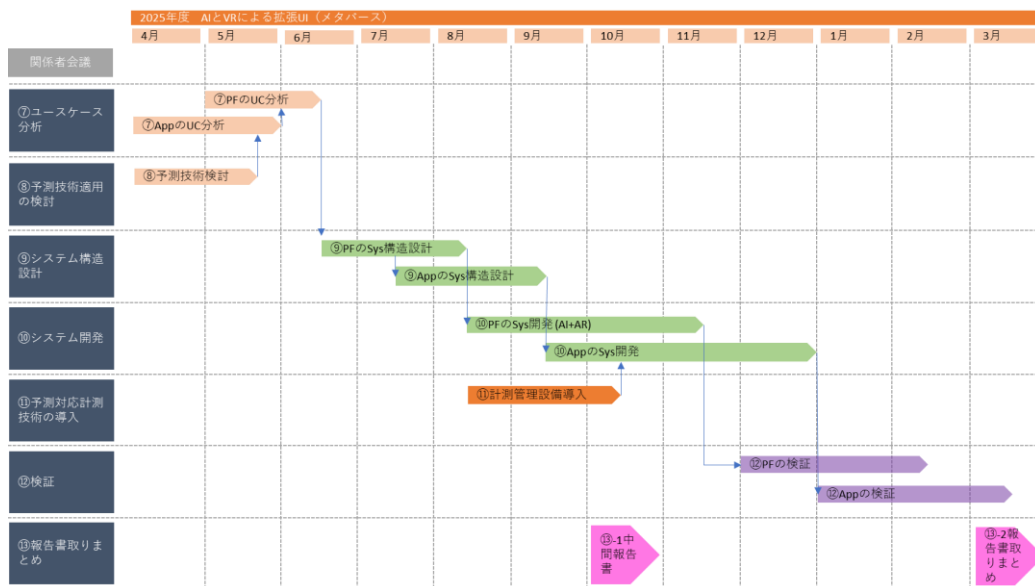


図 43 2025 年度活動スケジュール計画

3.3.5 資金計画

上記の項目を実施するにあたって、次年度は下記の資金計画で進める。

表 44 資金計画概要

内 訳	2024 年度 (円)
1) 人件費	22,920,000
2) 事業費	38,801,820
3) 一般管理費	2,406,000
4) 設備費	0
5) 工事費	0
合計	64,127,820

4. 事業化の計画

4.1 想定する事業

本事業は、今後国内で発生する EV 電池のサーキュラーエコノミーを効率的に実施できるようにするためのサービスプラットフォームを構築する。

今後、市場拡大することが見込まれる EV であるが、その電池は希少資源の再生利用のみならず、他用途へのカスケード利用などによる電池価値の最大利用が可能で、CO2 削減にも貢献可能な有望な市場を形成することが期待される。

一方、電池のリユース利用、再生資源利用をおこなうためには、電池の残存容量などの価値を適正に評価して、適切な情報利用をおこなわなければ、市場の多くの関係者が期待し、

安全安心な循環市場を形成することはできない。

特に、本市場形成には電池の使用履歴や性能や品質に関わる各種の情報の公開が求められるが、利用者にとって個人情報となり企業にとっては生命線ともいえる最重要資産であり、適切な公開範囲設定が求められる。電池のライフサイクル全般にわたっての安全性・高信頼性の確保も必須の要件となる。また、低コスト・高効率、かつ高付加価値で運営できる情報管理体制が求められる。そこで、本事業では電池価値評価を起点に適正な情報活用をおこなうことで、リユース電池等の利用者を拡大する仕組みを構築する。そのために、本事業では3つの特長を実現する。

ひとつめは、効率的で柔軟な診断評価プラットフォームの構築である。診断評価技術は、電池技術が日進月歩で変化していることから、進化し続けなければならない。また、診断一般に計測器が必要となるが、現在多数の診断器があり、それらを電池の種類や診断のシーンに応じて保有し、使い分けていくことは電池利用の現場では現実的ではない。こうした課題を改善するには、診断器をできる限り汎用化して診断技術をIoT化することが有効である。ひとつの計測器に対してクラウド側で複数の診断アルゴリズムを動作させれば、利用しやすく大幅な計測コストの低減が可能になる。また、AIを用いて学習した診断をクラウド側で実施すれば、大規模データを用いた学習が可能になる。これにより電池の進化に合わせて診断技術を順次拡大でき、技術の陳腐化、海外競合との差別性低下を防げる。

2つ目は、データの分散性と守秘性を両立した情報管理プラットフォームの構築である。データプラットフォームは、一般にGAF（米国の巨大IT企業の総称）のようなデータの独占状態を生み出しかねず、こうしたプラットフォームのあり方は、多くの市場関係者の協力関係を損ねるものとなる。また、EVの使用履歴などはユーザの個人情報であり、個人との間での信頼関係がなければ活用はできない。同様に、電池の材料情報などは電池メーカーの生命線であり、開示できるものではない。一方で、リユース、リサイクル、CO₂評価のデータ活用では、これらの情報すべてが必要なわけではなく、それぞれの処理に必要な一部のマクロ情報がよい。こうしたことを解決するのが、秘密鍵と分散IDの管理をおこなうWeb3の技術である。情報保有者と信頼関係のある第三者が責任をもって守秘情報と提供可能情報の仕分けを行い、データ自体は分散させたまま、多くの関係者がデータ共有できる仕組みを構築できる。こうした仕組みを活用して、次世代のデータプラットフォームを構築することで、市場関係者が広く協力・連携できる場が実現できる。

3つ目は、品質管理などにより電池ユーザが利用価値を最大化するサービスプラットフォームの構築である。電池利用の市場が立ち上がるには、電池の残存容量の活用などが利用者にとって安心して活用でき、経済性あるものにならなければならない。この実現のためには、リユース電池は安全性の確保が十分ではなく、市場が形成しにくい環境にあった。こうした課題を改善するためには、電池のサブスクサービス、保険、輸送・交換、エネルギー管理、各種診断技術等の事業者と連携した付加価値サービスの導入が求められる。これらを実現することで、本事業では、技術進化を取り入れ、多くの事業者が活用可能で、

価値を顕在化することで情報の流通が拡大する場を構築することが可能となり、電池利用市場の成長を支えることができる機能を実現する。

こうしたプラットフォームを構築してサービス事業を実現することを目指すのが BACE 事業である。これまで、本件の母体となる BACE コンソーシアムでは、中国でリユース電池製造時の高効率仕分けの事業化、国内では中古 EV の電池品質保証サービスの事業化、に向けた実証を進めてきた。本事業では、こうした個別活動を連携し、国内で IoT ソリューションを統合化する事業立上げを目指した活動を進めてきた。本事業の成果は、こうした BACE 事業化の中核機能に位置付けており、BACE 事業への活用を目指している。

BACE 事業は、本プラットフォームを活用して、リユース電池利用のみならず、中古 EV の価値評価と安全安心をユーザに提供して国内での利用を促進するサービス事業、再生資源の利用を促進することを目指している。この際、ユーザと連携した CO2 削減効果の再生資源への付与をおこなうことで、新車の EV の再生材料活用によるサーキュラーエコノミーへの貢献だけでなく、製造時の CO2 排出量削減にも貢献する。リユース電池の品質管理サービス、中古 EV の品質保証サービスの提供を想定し、現在、想定顧客との具体検討を進めている段階である。2024 年度からトライアル提供開始することで、事業性評価を進めていく想定であり、国内での中古 EV の利用台数を拡大するとともに、国内でのリユース電池の利用を拡大していく。

こうした市場を構築して、次のような市場の健全な発展条件を確保することを目指す。

- ① データをプラットフォーム事業者に集約させることなく、多くの市場関係者が新市場に参入しやすい仕組みを構築する
- ② 守秘データと公開データを仕分けることで、サプライチェーン側、ユーザ側の多くの企業が活用できるデータプラットフォームを構築する
- ③ データの信頼性を確保し、不正利用等が発生しないデータ利用のプラットフォームにより市場の健全な発展を確保する仕組みが構築される。

5. 事業の評価

5.1 採算性の評価

本事業は、以下のコスト低減策などにより事業性確保を進め、3 年後に助成なしでの事業継続を目指す。

診断評価は、一般に計測器側でおこなうことが多いが、IoT 化すればひとつの計測器に対してクラウド側で複数の診断アルゴリズムを動作させることが可能になる。これにより機器コスト低減をおこなう。また、AI を用いて学習した診断をクラウド側で実施すれば、大規模データを用いた学習が可能になる。これにより電池の進化に合わせて診断技術を順次拡大でき、技術の陳腐化、海外競合との差別性低下を防げる。

また、解体事業者（もしくは整備工場）が車両取得したとき、リユース事業者が電池取得したときに計測した残存容量等のデータはプラットフォーム上で流通する。ここでは、Web3

の技術を活用することで、リユース時などに必要となる情報流通の連携を効率化することで運営コストを低下するだけでなく、機能追加をおこなう際のアプリケーション開発コストを大幅に低減する基盤を構築する。

これらにより、設備・システム運営のコストを最小化し、事業性を高める。また、リユース電池の製造から収益性の高いリユース利用などに展開して多重の収益構造を確保する。一方、利用者の拡大に伴うネットワーク効果によって各種サービスの情報取得コストを低減させ、プラットフォーム利用者の事業性を向上する。情報セキュリティの観点では、国際的な Trust over IP に準拠した秘密鍵と分散 ID で管理をおこなう Web3 の仕組みを導入することで、多数の事業者の信頼を確保できるシステムを構築する。

また、本検討の活動の母体となる BACE では、本提案事業者の他に、商社、保険、エネルギー、非鉄金属、各種診断技術等の事業者が参加し、中国ではリユース電池製造時の高効率仕分けの事業化、国内では中古 EV の電池品質保証サービスの事業化に向けた実証を進めてきた。本事業では、こうした個別活動を連携し、国内で IoT ソリューションを統合化する事業立上げを目指す。

図 44 事業採算性のポイント

事業の実現性・継続性のポイント		実施ポイント
1.コスト低減	接続治具・計測器・診断アルゴリズムを横断的に統合し IoT化する事、各機能を物理層・クラウド層に適切に配置することで、各層でのコスト低減と将来の技術進歩への柔軟な対応を実現します。	<ul style="list-style-type: none"> 電池バリューチェーンの標準的な作業プロセスを構築 ソフトウェア・ハードウェアの分離 非中央集権的管理による運営コストの効率化
2.多重の収益構造の確保	事業コストの低減によりリユース電池製造の収益構造を確保します。情報管理基盤を利用するバリューチェーン全体での電池価値の顕在化によりさらなる収益モデルを確立します。	<ul style="list-style-type: none"> リユース事業に関連する作業支援システムの構築 CO2削減効果を管理するための情報管理基盤の構築 関連事業者間の連携を効率化する情報管理基盤の構築
3.多数の事業者の参加	効率的な情報管理基盤を構築することで関連事業者が低コストで参入可能とし、情報流通を活性化します。	<ul style="list-style-type: none"> Web 3 技術を用いた低廉かつ信頼性の高い情報セキュリティの確保 将来の拡張性を考慮した情報管理基盤の構築 参加者が容易に利用できる連携方式の構築

BACEコンソーシアムでの検討結果・知見の活用
<ul style="list-style-type: none"> 電池バリューチェーン関連事業者との知見の共有 電池診断・Web3など基礎技術の研究と実証実験の実施 中国など市場化が先行する地域での事業化の推進

表 45 各ポイントに対する本年度の実施状況

ポイント	本年度の実施状況
1. コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> ヒアリングを通して、バリューチェーン参加業者間の想定される役割分担と作業プロセスを作成し、対応した情報連携プラットフォーム (Battery Web) を構築 プラットフォームと業務アプリを分離した設計を採用
2. 多重の収益構造の確保	<ul style="list-style-type: none"> 回収業者の業務フローに即した検証アプリを開発 回収業務を中心として、実際の CFP の計測、シミュレーション

	ンの実施
3. 多数の事業者の参加	・ 将来の参加者の増加を見据えて、情報連携プラットフォームは可能な限り業界標準の機能を用いて構築

本年度の活動で得られた成果は、当初設定した前提のもとで検証を行い目標の達成度合いを確認した。次年度以降はユースケースなど対象範囲をさらに拡張しつつ事業化への蓋然性を高めていく。

複数年度事業における1年目であるため、進捗を踏まえ3年目に採算性の精緻化をおこなう予定。

5.2 有効性の評価

本事業では、これまで人が個別に実施してきた電池性能取得作業と CFP 算定を高効率なプラットフォーム API により、電池のデジタルツインを仮想空間上に生成することで擬似 IoT 化し、証憑整理・集計技術の組み込みを実装する。従来困難であった事業主体間の電池のデジタルデータ交換・取引を効率的に実現するプラットフォームを構築する。

● 効果測定の手法：

1. **電池性能取得作業の効率化** … 電池性能の短時間計測技術を IoT 化して効率的に情報蓄積する。情報取得作業の時間を計測して評価。アプリケーション開発の工数は推定して評価。
2. **CFP 算定の効率化** … 収集データから CFP を算定し、効率的にカーボンクレジットを実現する。CFP 算定と証憑整理・集計にかかる作業時間を計測して評価。
3. **データ交換の効率化** … データ信頼性を特定組織に依存せずに確保することで、複数事業者にまたがる情報収集を効率化する。データ交換の証明書発行費用、連携システム開発工数を推定して評価。

● 目標値：

1. 電池性能取得作業の効率化 … 作業時間の 90%以上削減、アプリケーション開発工数の 70%削減
2. CFP 算定の効率化 … CFP 算定と証憑整理・集計作業の 90%低減
3. データ交換の効率化 … データ交換の証明書発行費用 90%低減、連携システム開発工数 70%削減

複数年度事業における1年目であるため、進捗を踏まえ3年目に有効性評価の精緻化をおこなう予定。

以上

用語集

用語	説明
API	Application Programming Interface。ソフトウェアやプログラム、Web サービスの間をつなぐインタフェースのこと。ソフトウェアやプログラム、Web サービスの機能を公開・利用させるために API を定義公開する。
BEV	Battery Electric Vehicle。内燃機関を用いず電気のみを動力とする車両のこと。
CFP	Carbon Footprint of Products。商品・サービスのライフサイクルの各過程で排出された「温室効果ガスの量」を追跡し、得られた全体の量を CO2 量に換算して表示すること。
C レート	バッテリーの充電・放電の速度。1C は対象バッテリーを 1 時間で充電もしくは放電する電流の大きさを指す。
CRUD	Create (生成), Read (読み取り), Update (更新), Delete (削除)。デジタル上の情報に対する 4 つの基本操作のこと。
DID	Decentralized Identifier。W3C 標準で定められた、第三者に依存せずに作成できるグローバルに唯一の識別子のこと。 “did:example:123456789abcdefghi” のような形をしている。非中央集権的識別子。
DIDComm	DID 間のセキュアで非中央集権型のメッセージング方式。DID Document のサービスエンドポイント、公開鍵を利用してメッセージの送り主の真正性、メッセージ内容のインテグリティ（改ざんされていないこと）が保証される。DID 間にピアツーピアの永続的なプライベートチャネルを張ることができる。特定のトランスポート層に依存せず、HTTP 1.x/2.0、WebSocket、AMQP、SMTP などのうえで利用可能。
DID URL	DID に続けて URL の規則に従ってパス、クエリパラメータ、フラグメントを追加した文字列。DID に関連付けられたリソースを一意に特定し参照することができる。W3C DID 標準の中で定められている。
ESS	Energy Storage System。電力貯蔵システムのこと。本文書では特にバッテリーを用いた電力貯蔵システムのことを指す。
HEV	Hybrid Electric Vehicle。内燃機関と電気の両方を動力とする車両のこと。
IDEA	一般社団法人日本 LCA 推進機構が提供する温室効果ガス排出量の把握のためのインベントリデータベースのこと。
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle。HEV の中でも外部からの給電が可能な車両のこと。

SoC	State of Charge。バッテリーの充電率を表す。
SoH	State of Health。バッテリーの健全度をあらわす指標。一般的には、新品時の満充電容量を100%としたときの現時点での満充電量の割合を表す。
VC	Verifiable Credential。W3C標準で定められたデジタル上の証明書を指し、その元々の発行者と情報が改竄されていないことを暗号的に検証することができる証明書のこと。
VDR	Verifiable Data Registry。W3C標準で定められた、DIDに関する公開情報をまとめたDID Documentを登録する登録簿。DID DocumentにはDIDに関する公開鍵やサービスエンドポイントなどが含まれ、リゾルバ（ソフトウェア）にDIDをインプットするとVDRからDID Documentが得られ、DIDのオーナーによる電子署名の検証が可能になる。VDRをブロックチェーンや分散台帳などで実装することでDID Documentのインテグリティが保証される。
W3C	World Wide Web Consortium。Web等に関する仕様を定める国際標準化団体のこと。
Web3	Web1.0技術の上に非中央集権型のネットワークを構築するオープンテクノロジーの総称。
中央オーソリティ	本報告書では、独占的に識別子を管理する組織を指す。他の組織と識別子を共有せず情報を管理する中央集権的な組織・体制のこと。
トラスト	本報告書では、デジタル上で情報連携する場合に連携者・連携内容が真正であると信用できる関係のことで表す。中央集権的な枠組みでは中央オーソリティを信用することで、各参加者を信用することができるが、非中央集権的な枠組みでは信用を中央オーソリティに頼らずに信用を確立する必要がある。
バッテリー	本報告書では、特に指定のない限りリチウムイオン二次電池を指す。EV/HEV/PHEVに搭載されている単位をバッテリーパック（パック）とし、パックにはさらに細かい単位でバッテリーモジュール（モジュール）に分割される。バッテリーを構成する最小の単位をバッテリーセル（セル）とする。
リサイクル	使用済みバッテリーパックを分解・分類をし、何らかの処理をして資源として再利用すること。
リマン工程	リユースのなかでも使用済み製品を再生する工程のこと。
リユース	使用済みバッテリーをバッテリーパック・モジュール・セルそれぞれの単位で別の製品として再利用すること。