

令和2年度資源循環に関する情報
プラットフォームの構築に向けた
調査委託業務
報告書

令和3年3月

株式会社野村総合研究所

This page is intentionally left blank

はじめに

スマート社会の進展により、自動化製品や IoT 機器、電動化製品の導入が増え、IoT センサーやサーバー、複合機等の電子基板類、バッテリーなどの非鉄金属・レアメタル含有製品の排出が増加している。また、中国を始めとするアジア各国による雑品スクラップの輸入規制の影響で、国内での処理・リサイクルの必要性が増加している。また、足下の新型コロナウイルスの感染拡大により国際的な人・物の流れが制限を受けていることを踏まえても、国内でできる限りリサイクル等を行えるようにしておくための体制構築の重要性がますます増している。

こうした金属等を効率よくリサイクルし、エネルギー起源二酸化炭素の排出を低下させるため、これまでプロセスごとの技術開発、技術実証等が行われてきたが、プロセス間を連携させた全体最適の考え方に基づく取組について推進する必要がある。特に、業界全体や、個別業界を超えた連携を促すためには、製品やリサイクル事業者に関する情報の共有が課題となっている。具体的には、高度な技術を有する事業者がその技術に見合った廃棄物等がどういったところから排出されるかといった情報が入手できないというマッチングに関する課題、取り扱う廃棄物等の製品情報や有用素材、忌避物質等に関する情報が入手できないことや再生製品・再生素材の履歴・品質情報が利用先に十分伝わらないというトレーサビリティに関する課題等を抱えている。こうした情報障壁を取り除くことによって、リサイクルプロセス全体の効率化を図ることができると考えられる。具体的には、情報を収集・整理（情報の購入や自前での情報の創出を含む。）し、リサイクル業者といった情報を必要とする者に提供（情報料、利用料を含む。）することで資源循環における情報障壁を緩和する。近年多様なビジネス分野での利用が進んでいる情報技術を活用し、こうした資源循環に関する情報を未活用なビッグデータとして捉え、プラットフォーム（PF）ビジネスとして、こうした情報に価値付けを図っていくことで、リユース・リサイクルの効率化や新たな資源循環ビジネス創出を推進していくことが重要である。

本業務では、上記の趣旨を踏まえ、資源循環に関する情報 PF 事業を社会実装させることを目指し、ポテンシャルが高い製品・素材領域において、次年度以降の実証事業の可能性について調査・検討した。

Introduction

With the development of a smart society, the introduction of automated products, IoT devices, and electric products has increased, leading to increased emissions from batteries, circuit boards such as IoT sensors, servers, and multifunction devices, and other products containing non-ferrous metals and rare metals. Further, the need for domestic processing and recycling is increasing due to the import restrictions on miscellaneous scraps by China and other Asian countries. In addition, considering the fact that the international flow of people and goods has been restricted due to the novel coronavirus pandemic, it is becoming increasingly important to build a system to ensure that recycling and other activities can be carried out as much as possible in Japan.

In order to recycle such metals efficiently and reduce the emissions of energy-derived carbon dioxide, technological development and demonstrations have been conducted for each process. However, it is necessary to promote efforts by coordinating these processes based on the concept of overall optimization. In particular, the sharing of information about products and recyclers is a challenge in order to encourage cooperation across the industry and beyond individual industries. For instance, there are issues related to matching, where businesses with advanced technologies cannot obtain information on the locations from where waste appropriate for their technologies is discharged. There are also traceability-related issues, such as the inability to obtain information on products, useful materials, and repellent substances, and the inability to sufficiently convey information on the history and quality of recycled products and materials to users. By removing these information barriers, the entire recycling process can be made more efficient. Specifically, the information barriers in resource circulation can be eased by collecting and organizing information (by purchasing information or creating information on one's own) and providing it (including information fees and usage fees) to those who need it, such as recyclers. It is important to promote the efficiency of reuse and recycling and the creation of new resource circulation businesses by utilizing information technology, which has been increasingly used in a variety of business fields in recent years, to capture information on resource circulation as unused big data and to add value to it as a platform business.

目 次

1	製品等に係る技術動向調査	6
1.1.	調査方針.....	6
1.2.	小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品に関する調査結果.....	9
1.2.1.	現状.....	9
1.2.2.	課題及び解決方法、今後の可能性.....	20
1.3.	電気自動車（燃料電池車含む）.....	23
1.3.1.	現状.....	23
1.3.2.	課題及び解決方法、今後の可能性.....	50
1.4.	家庭用定置型蓄電池.....	53
1.4.1.	現状.....	53
1.4.2.	課題及び解決方法、今後の可能性.....	59
1.5.	データセンター関連.....	62
1.5.1.	現状.....	62
1.5.2.	課題及び解決方法、今後の可能性.....	72
1.6.	窒化ガリウム（GaN）製品.....	75
1.6.1.	現状.....	75
1.6.2.	課題及び解決方法、今後の可能性.....	79
2	情報プラットフォームのあり方に関する検討	80
2.1.	調査方針.....	80
2.2.	既存プラットフォーム調査.....	82
2.2.1.	調査の概要.....	82
2.2.2.	既存プラットフォームの事例紹介.....	84
2.2.3.	今後のプラットフォーム構築に対する示唆抽出結果.....	121
2.3.	資源循環に関する情報プラットフォームのあり方に関する検討.....	135
2.3.1.	優先度 A：メインテーマおよび優先度 B：テーマ A の類似.....	142
2.3.2.	優先度 C：サブテーマ.....	155

1 製品等に係る技術動向調査

1.1. 調査方針

課題認識と基本方針

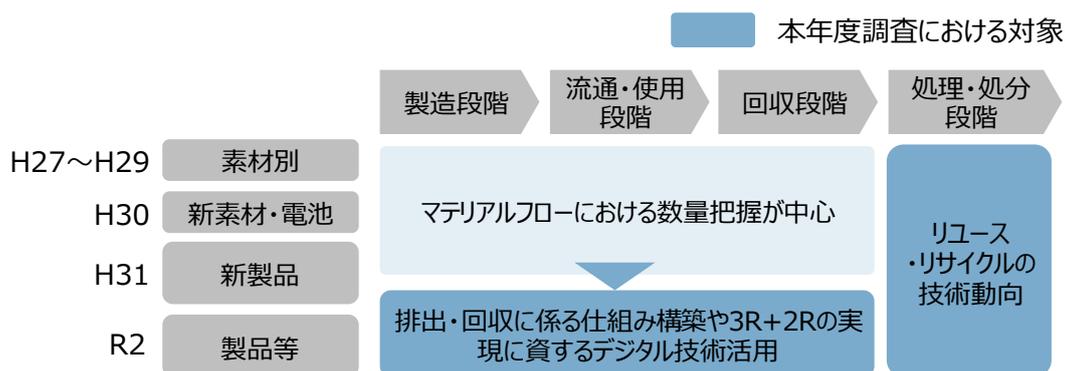
過年度の製品・サービス提供型製品に関する調査において、リユース・リサイクルの促進には処理・処分に関連する物理的な技術だけでなく、排出・回収に係る仕組み構築や3R+2R（リファーマービッシュ・リマニュファクチャリング）の実現に資するデジタル技術活用なども進めることが必要かつ有効であると示唆されている。

また、過年度の省CO₂型リサイクル等設備技術実証事業において、排出・回収も含めたリサイクルの仕組み構築の必要性、リサイクル工程（選別）におけるAI等技術活用の有効性が示されている。同実証事業の中では、リサイクル現場の実態としてデジタル要素が動脈産業等と比べて導入が遅れていること、逆に言えば、導入が進むことで更なる発展が期待できることが確認された。

上記の状況を踏まえ、本調査では、次の2つの視点からのアプローチが重要であると考えます。

- ・ リサイクル現場の観点から、排出・回収などでの取組を強化するアプローチ
- ・ 社会実装の観点から、過年度実証の成果・課題あるいは今年度の脱炭素型金属リサイクル実証のテーマとの親和性・展開可能性を考慮したアプローチ

図 1.1-1 本年度調査の位置付けと狙い



調査対象・選定理由

上記の課題認識を踏まえ、下記2つの視点に基づき、対象品目を選定し、調査を進めるものとする。表 1.1-1に、選定した対象製品（群）及びその選定理由について取りまとめる。

- 視点1： 一般的にリサイクル企業では、使用済み製品が回収後から管理されているのに対して、回収前からトレースする必要性がある製品（ここにデジタルの技術を活用する要素があると考え）について調査する。使用や排出元に近い領域にアプローチし、実態把握と実装すべき技術・仕組みを明確にする。
- 視点2： 過年度実証事業（一部R2年度実証も該当）の成果と課題を把握し、これらの実証事業との連続性・拡張性を意識し、複数実証事業間の連携を視野に入れた親和性を有する製品を調査する。

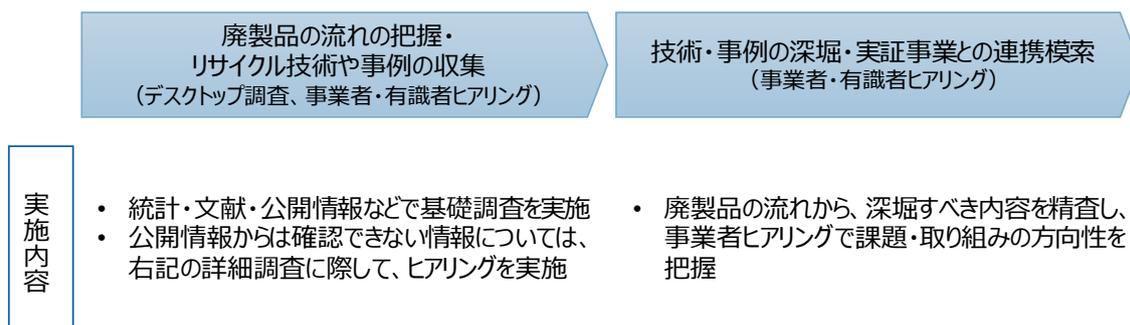
表 1.1-1 調査対象となる製品（群）とその選定理由

視点	No.	製品群【製品例】	実証事業との関連	選定理由
視点1	1	小型バッテリー内蔵や電装化が進む民製品	—	<ul style="list-style-type: none"> 小型バッテリー内蔵製品の増加 リサイクル時の安全性に関わる問題発生 電装化に伴う付加価値の高い金属資源増加
		【ワイヤレスイヤホン、ポータブルゲーム機器、電子機器を搭載した玩具類（aibo等）】		
視点1 & 視点2	2	電気自動車（BEVを中心に、FCVも視野）	R2年度：テーマ①及びテーマ②	<ul style="list-style-type: none"> 世界各国（EU、中国、Global Battery Alliance等）でLiBのリユース・リサイクルに関する仕組み構築の重要性を議論 エンジン車からの生産シフトにより、鉄・アルミなどのベースメタルにおいても課題が発生し得る 電装化、センサー・電子基板等の増加に伴い、貴金属・希少金属は微量ながら少量多品種となり、リサイクルの重要度が増す。 欧州・中国ではライフサイクルを通じた環境性評価の動きがあり、日本型新しいモデルづくりが重要となる。
			3	家庭用定置型蓄電池
	【家庭用定置型蓄電池（LiB、LiB-鉛のハイブリッド等）】			
	4	データセンター関連	H31年度：フルヤ金属、リバーHDの実証事業 R2年度：テーマ④	<ul style="list-style-type: none"> 5Gのサービスインやコロナ禍によるテレワーク需要の増加に対応した設備更新の可能性 付加価値の高い金属資源が多く使用されている
	【サーバー、ネットワーク機器、給電・冷却設備、UPS等】			
5	窒化ガリウム（GaN）製品	H31年度：ハルタ金属の実証事業	<ul style="list-style-type: none"> 自動車での採用にあたり、自動車会社として資源の安定調達（特にGaも含むレアメタル）に課題 早期に廃製品も含むGa等レアメタル回収技術とサーキュラーエコミー型モデルの実現が製品における 	
【環境省のAGN（コンセプトカー）に代表されるような自動車等での採用を検討】				

調査方法

選定した製品ごとに、「廃製品の流れの把握、リサイクル・リユース等の現状の把握」と「今後の可能性としての事例・技術の深掘り、連携の模索」を実施する。それぞれ、デスクトップ調査、事業者・有識者ヒアリングを併用し、事業の実態を把握する。

図 1.1-2 調査の流れ



(1) デスクトップ調査

調査対象として選定した各製品について、市場動向（主要プレーヤー・市場規模等）及び、製品の廃棄・回収のフロー、リユース・リサイクルの取組動向等の文献調査を行い、製品概要や市場動向、リユース・リサイクルなどの概要を整理する。

(2) ヒアリング調査

各製品に関する、主要プレーヤーや業界団体等の関係者にヒアリングや追加の文献調査を行い、リユース・リサイクルの取組実態や技術動向等を把握するとともに、回収や再利用の出口に関する実態と可能性について調査し、今後のリユース・リサイクルのあり方などに関する検討を行う。

1.2. 小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品に関する調査結果

本章では、製品の増加に伴いリサイクル時の安全性に関わる問題への懸念がある一方で、付加価値の高い金属資源の回収につながる可能性を持つ、小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品について、種類、市場動向、構造・素材などの基礎情報を調査・整理する。

1.2.1. 現状

製品の概要

小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品の調査対象品目である、ワイヤレスヘッドセットとポータブルゲーム機について記載する。

本章では、ワイヤレスヘッドセットとは Bluetooth 規格を備えたヘッドセットと定義する。ワイヤレスヘッドセットは、その形態によりヘッドホン（ここではワイヤレスヘッドホン（図 1.2-1）と呼ぶ）とイヤホンに大別される。さらにイヤホンのうち、左右が独立しておらずケーブルでつながっているものを単にワイヤレスイヤホン（図 1.2-2）、左右が独立しているものをフルワイヤレスイヤホン（図 1.2-3）と呼ぶ（表 1.2-1）。

図 1.2-1 ワイヤレスヘッドホン ATH-WS330BT（オーディオテクニカ）



出所) オーディオテクニカ HP

図 1.2-2 ワイヤレスイヤホン SBH82D (ソニー)



出所) ソニーHP

図 1.2-3 フルワイヤレスイヤホン AirPods (Apple)



出所) Apple HP

ポータブルゲーム機は、据え置き型ゲーム機と異なり持ち運びが可能なゲーム機であるが、2017年発売の「Nintendo Switch」のように、据え置き型でありながら、ポータブルゲーム機としても利用できる製品も登場している。本調査においては、特に販売台数が多いと考えられる代表的なポータブルゲーム機として、「ニンテンドー3DS」、「Nintendo Switch」、「PlayStation Portable」、「PlayStation Vita」を調査対象とした(表 1.2-1)。なお、Nintendo Switchは2021年3月現在も生産されている一方で、ニンテンドー3DS、PlayStation Portable、PlayStation Vitaは、それぞれ2020年、2014年、2011年に生産終了している。

表 1.2-1 小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品の調査対象品目

大分類	小分類／品目名	備考／発売年
ワイヤレスヘッドセット	ワイヤレスヘッドホン	Bluetoothを搭載したヘッドホン
	ワイヤレスイヤホン	Bluetoothを搭載し、左右がケーブルでつながっているイヤホン
	フルワイヤレスイヤホン	Bluetoothを搭載し、左右が独立しているイヤホン
ポータブルゲーム機	ニンテンドー3DS	2011年発売、2020年生産終了
	Nintendo Switch	2017年発売
	PlayStation Portable (PSP)	2004年発売、2014年生産終了
	PlayStation Vita (PS Vita)	2011年発売、2019年生産終了

出所) 公開情報より NRI 作成

製品市場

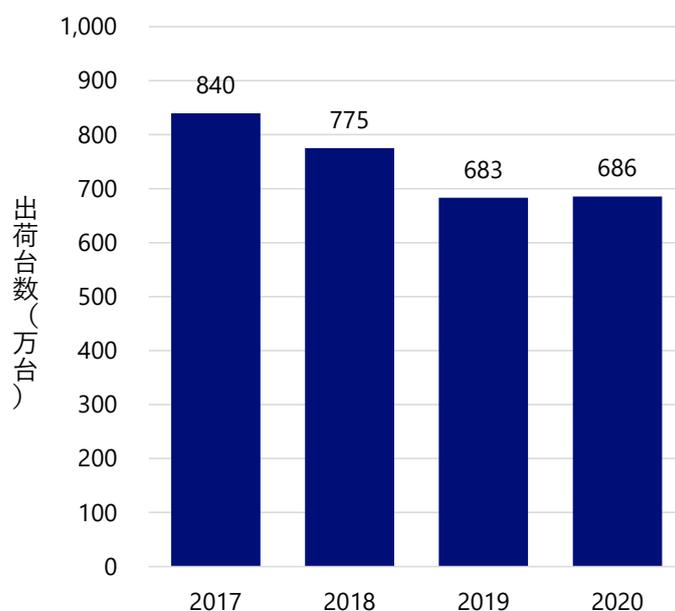
電子情報技術産業協会 (JEITA) の民生用電子機器国内出荷統計によると、国内ヘッドセットメーカー6社のヘッドセット (有線・ワイヤレスのヘッドホン及びイヤホン) の国内向け出荷台数は年間 680 万台以上である (図 1.2-4)。実際には海外メーカーの製品も販売されていることから、市場流通量はこれを上回る数となる。また、BCN ランキングの調査では、2017 年 11 月時点で、国内ヘッドセット市場のうち、Bluetooth 非対応 (有線) ヘッドセットの販売台数は 49.7 %、ワイヤレスヘッドセットは 50.3 % を占める。さらに、ワイヤレスヘッドセットのうち、ワイヤレスヘッドホン及びワイヤレスイヤホンはヘッドセット市場全体の約 40 %、フルワイヤレスイヤホンは約 10 % を占める (図 1.2-5)。近年、フルワイヤレスイヤホンがシェアを伸ばしており、2020 年 12 月には、販売台数構成比 25.8 % に到達した (図 1.2-6)。国内メーカーのヘッドセット製品における市場シェア率も上記と同等と仮定すると、2017 年には少なくとも約 420 万台のワイヤレスヘッドセットが、2020 年には少なくとも約 140 万台のフルワイヤレスイヤホンが出荷されたと推計される (市場シェア率は 2020 年 1 月～12 月の平均値を用いた)。国内メーカーにおけるヘッドセット全体の出荷台数は近年減少傾向にあるものの、ワイヤレスヘッドセットのシェア拡大により、使用済みワイヤレスヘッドセット製品の排出はある時点で一気に進むと考えられる。

ワイヤレスヘッドホンの主要メーカーとしては、エレコム、ソニー、オーディオテクニカ、BOSE 等が挙げられる。また、ワイヤレスイヤホンの主要メーカーは、Apple、ソニー、オーディオテクニカ、BOSE 等である。

ヒアリングを実施したリサイクル事業者によれば、ワイヤレスヘッドセットの排出量は

まだ少ない。小型家電製品の出荷開始から回収現場にて確認されるようになるまでの期間は約 10 年であるため、例えば、2016 年頃から販売台数が増え始めたフルワイヤレスイヤホンの場合、2026 年頃より排出量が急増する可能性も示唆される。

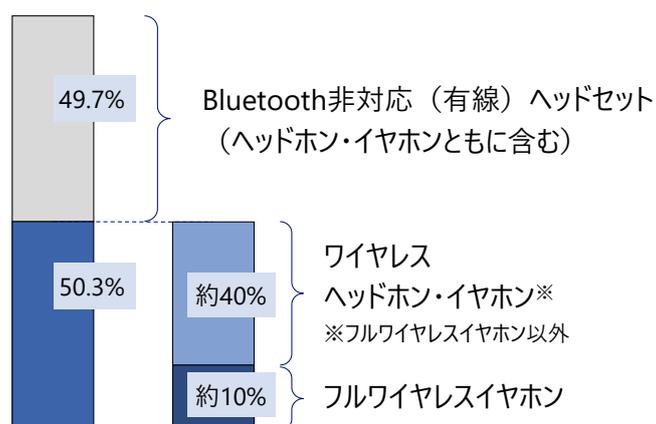
図 1.2-4 国内メーカーのヘッドセット国内出荷台数



注) 統計に協力している国内メーカー 6 社の合計値。

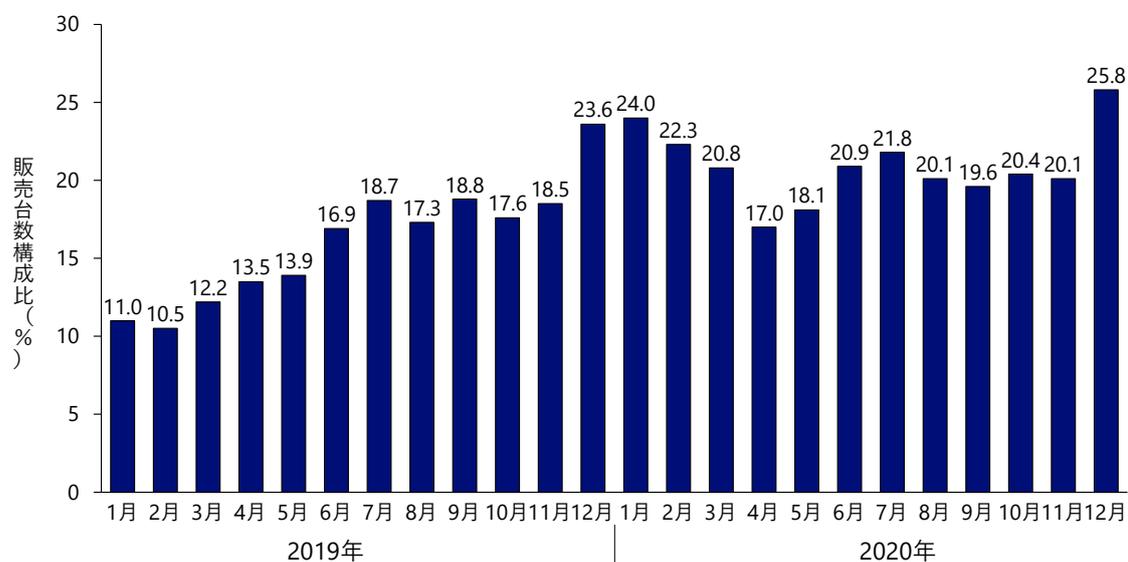
出所) JEITA 「民生用電子機器国内出荷統計」より NRI 作成

図 1.2-5 国内ヘッドセット市場におけるワイヤレスヘッドセット販売台数比率 (2017 年 11 月)



出所) BCN ランキングより NRI 作成

図 1.2-6 国内ヘッドセット市場におけるフルワイヤレスイヤホンの販売台数構成比の推移

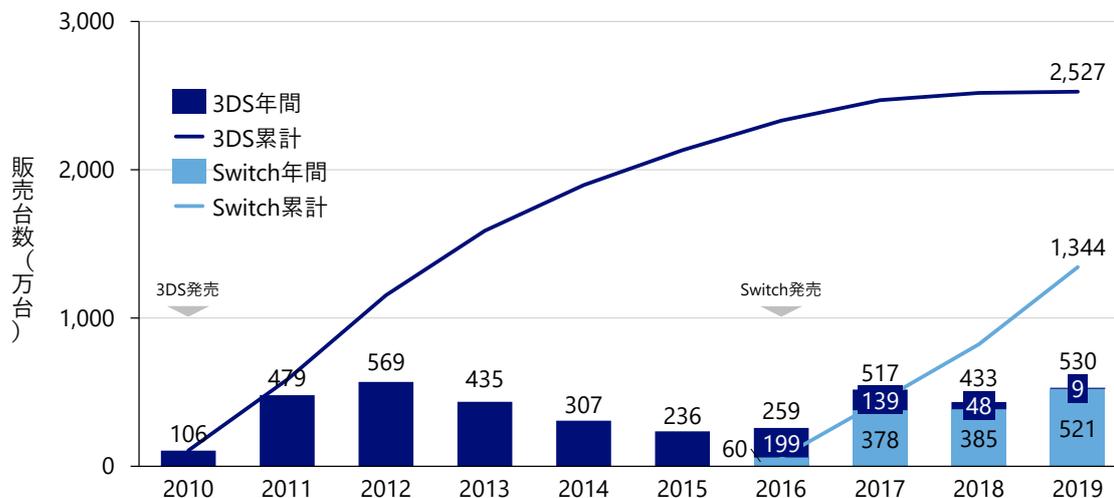


出所) BCN ランキングより NRI 作成

ポータブルゲーム機は販売されている機種数が限られるため、その市場動向は新製品の発売やヒット状況に左右されやすいと考えられる。ここでは、ポータブルゲーム機の主要メーカーである任天堂とソニーそれぞれについて、調査対象機種の販売状況を整理する。

任天堂が製造するニンテンドー3DSの国内年間販売台数は、発売された2010年度より2012年度まで上昇し、以降は緩やかに減少している(図1.2-7)。販売台数の落ち込みには、2016年のNintendo Switch発売も影響していると思われる。また、ニンテンドー3DSの累計販売台数は2018年度頃にはほぼ横ばいとなり、2019年度の国内累計販売台数は2,527万台である。2020年9月には生産中止が発表されたため、今後最大で約2,500万台のニンテンドー3DSが排出される見込みとなる。一方、Nintendo Switchは2016年の発売以降、年間販売台数を伸ばしており、2020年度も、コロナ禍の外出自粛生活でゲームの需要が増したことにより、販売は順調であったと推測される。2019年度の国内累計販売台数は1,344万台で、現時点において最終的な排出数を見積もることは困難であるが、販売台数の推移状況に鑑みると、数年間のうちにニンテンドー3DSに匹敵する、あるいはそれを超える累計販売台数に達する可能性がある。

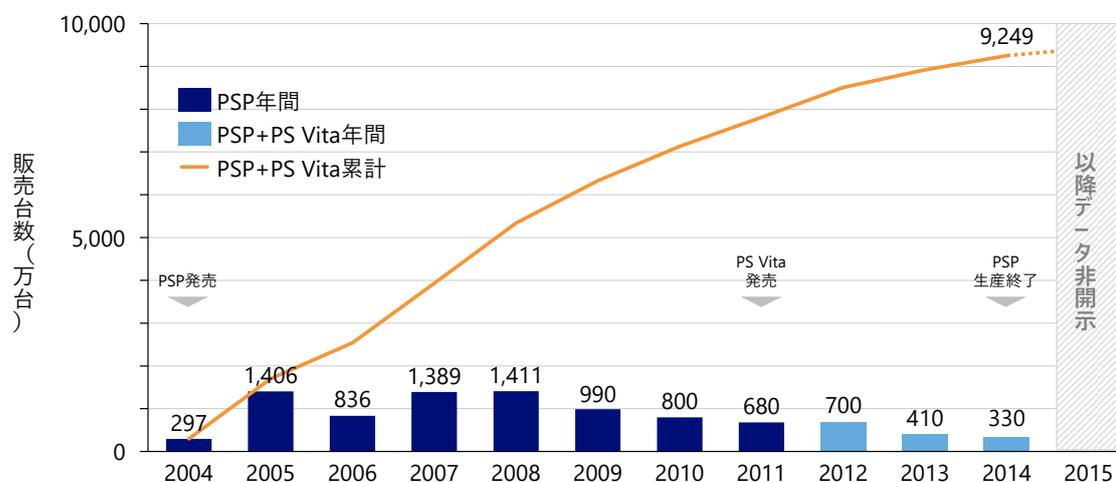
図 1.2-7 任天堂製ポータブルゲーム機の国内販売台数推移



出所) 任天堂 連結販売実績数量推移表より NRI 作成

ソニーが製造する PlayStation Portable 及び PlayStation Vita においては、国内年間販売台数の推移は不明であるが、世界年間販売台数は、2008 年度をピークに 2014 年度まで徐々に減少している（図 1.2-8）。なお、PlayStation Portable は 2007 年度、2008 年度に年間販売台数の増加が見られるが、これはモデルチェンジにより、2007 年 9 月に PSP-2000 シリーズ、2008 年 10 月に PSP-3000 シリーズが発売された影響と捉えられる。両機の国内累計販売台数は、PlayStation Portable が 2014 年度時点で 2,017 万台、PlayStation Vita が 2017 年度時点で 560 万台である（ソニー有価証券報告書より）。PlayStation Portable は 2014 年 6 月に生産終了していることに加え、PlayStation Vita の販売台数は 2017 年度以降大きく伸びてはいないと推測されることから、国内においては、両機あわせて最大約 2,600 万台が排出されると見積もられる。

図 1.2-8 ソニー製ポータブルゲーム機の世界販売台数推移



出所) メディアクリエイティブ「ゲーム産業白書」(2015年・2018年)よりNRI作成

以上より、ポータブルゲーム機の国内累計販売台数は、発売からおおよそ10年以内に数百万～数千万台の規模ではば頭打ちとなる傾向が見られる。

ヒアリングを実施したリサイクル事業者によれば、PlayStation Portable等のポータブルゲーム機は既にリサイクル現場にて排出が確認されているが、急激な増加は見られていない。今後数年以内には、ニンテンドー3DSやNintendo Switchの排出が進む可能性がある。

製品構造

ワイヤレスヘッドセットに内蔵されているバッテリーにおいては、ニッケル系電池、コバルト系電池、リチウムポリマー電池の使用が確認されている(表1.2-2)。その中でも、リチウムイオン電池の一種であるリチウムポリマー電池を使用している製品は多い。

また、一般的に、フルワイヤレスイヤホンはイヤホン本体を格納するケースも充電式となっている。一部の製品では、ケースの充電池にもイヤホン本体と同種の電池が使用されていることが明記されている。明記がない製品でも、取扱説明書には1種のみのリサイクルマークが記載されていることなどから、多くの場合、ケースの充電池もイヤホン本体に使用されているものと同種であると推察される。

電池容量については、50mAh～60mAh程度の電池がワイヤレスイヤホンには1～2個、フルワイヤレスイヤホンには2個使用されている。また、フルワイヤレスイヤホンのケースには400mAh程度の電池が使用されていることが多い。例えば、ソフトバンクのGLiDiCでは本体に3.7V、55mAh(2個)、ケースに3.7V、420mAhのリチウムポリマー電池が使用されている。さらに、AppleのAirPodsのケースでは、398mAhのリチウムポリマー

電池が使用されている。

このように、ワイヤレスヘッドセットに使用されるリチウムイオン電池はいずれも小型で小容量であるため、リサイクル時の発火事故の危険性は比較的低いと言える。

表 1.2-2 ワイヤレスヘッドセットに内蔵されているバッテリーの種類

	ニッケル	コバルト	リチウムポリマー	その他(ニッケル水素等)
ワイヤレスヘッドホン			オーディオテクニカ(ATH-S200BT) パナソニック(RP-HF410B)	SONY(MDR-RF5000)
ワイヤレスイヤホン		Maxell(MXH-BTC110) JVC	オーディオテクニカ(ATH-CK200BT) エレコム(LBT-F10IXRD)	
フルワイヤレスイヤホン	GEO(GRFD-SWE04)	QCY(T6) JVC	ソフトバンク(GLIDiC) パナソニック(EAH-AZ70W)	

出所) 公開情報より NRI 作成

ポータブルゲーム機のバッテリーには、基本的に1台につき1つのリチウムポリマー電池が用いられている。電池容量は機種によって様々だが、据え置き型ゲーム機を兼ねる Nintendo Switch は、本体1つとコントローラー2つをあわせて約 5,400 mAh、その他のポータブル専用機は、概ね 1,000~2,000 mAh 前後である(表 1.2-3)。今後、ゲーム機の高性能化に伴い電池の大容量化が進むと、事故の危険性も高まる可能性がある。

表 1.2-3 ポータブルゲーム機に内蔵されているバッテリーの仕様

製品	電圧	電池容量
3DS	3.7 V	1,400 mAh
Switch本体	3.7 V	4,310 mAh
Switchコントローラー	3.7 V	525 mAh
PSP	3.7 V	930 mAh
PS Vita	3.7 V	2,210 mAh

出所) 各機器の取扱説明書

ワイヤレスヘッドセットはバッテリー以外の部分がほぼプラスチック製であるのに対し、ポータブルゲーム機は本体部分にも金属が用いられており、より高品位である。しかし、ヒアリングを実施したリサイクル事業者によると、現状ではポータブルゲーム機本体の素材構成に関するデータは公開されていないため、資源価値の定量評価はされておらず、高品位製品としての個別回収も行われていない。

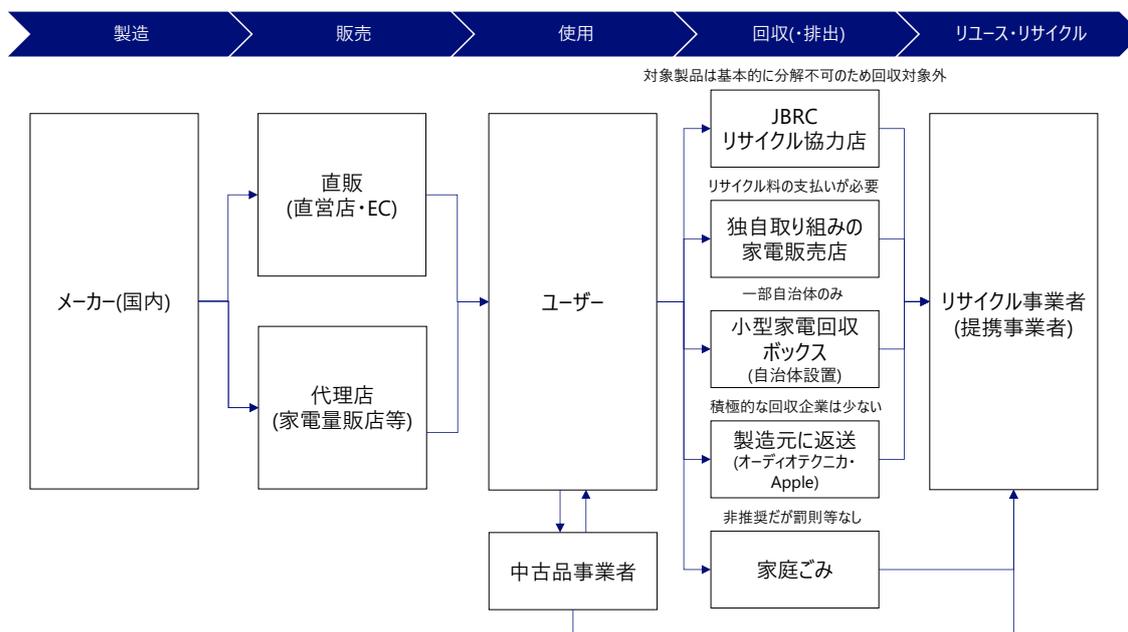
マテリアルフローとリサイクル・リユースの現状

ワイヤレスヘッドセットのマテリアルフローを図 1.2-9 に示す。特にイヤホン製品はライフサイクルが2～3年程度と短いことから、リユースされる機会は多くないと考えられる。廃棄方法に関しては、メーカーによって Web ページや取扱説明書に記載している指示が異なる（表 1.2-4）。エレコムは、使用済み製品は地方自治体の条例に従って処分することを前提としており、リサイクルの取組の一環として、リサイクル協力店への使用済みバッテリーの持ち込みを推奨している。ただし、ワイヤレスヘッドセットに関してはユーザー自身による製品の解体は困難かつ危険を伴うため、バッテリーの取り外しが難しい点には留意が必要である。Apple は、小型家電リサイクル法に基づく自社製品の宅配便回収・リサイクルサービスを提供している。加えて、オーディオテクニカも、小型家電リサイクル法に基づく取組であるかは不明であるものの、メーカーによる使用済み製品の回収を製品の取扱説明書に明記している。なお、具体的なリサイクル内容については記載されておらず、不明である。ソニーや BOSE は、電池の取り外しについて自社窓口への問い合わせを指示しており、問い合わせ窓口から使用済み製品をメーカーへ送付するよう案内している。このように、積極的ではなくとも、一部の使用済み製品を自社にて回収しているメーカーも存在する。

その他、使用済み製品の中には、小型家電リサイクル法に基づいて小型家電の回収に取り組む家電量販店へ持ち込まれるものや、自治体が設置している小型家電回収ボックスへ持ち込まれるものもある。ただし、家電量販店への持ち込みは一般的に回収費用がかかる。また、小型家電回収ボックスを設置している自治体は一部に限られる。

以上より、一部のメーカー、家電量販店、自治体はワイヤレスヘッドセットの回収に取り組んでいるものの、現状では、ユーザーが手間やコストをかけずにリサイクルできる排出方法の整備は進んでいないと言える。そのため、使用済みワイヤレスヘッドセットの多くは、不燃ごみとして排出されていると考えられる。

図 1.2-9 ワイヤレスヘッドセットの材料フロー



出所) ヒアリング及び各種公開情報より NRI 作成

表 1.2-4 ワイヤレスヘッドセット各メーカーの製品・バッテリーに関する廃棄時の指示

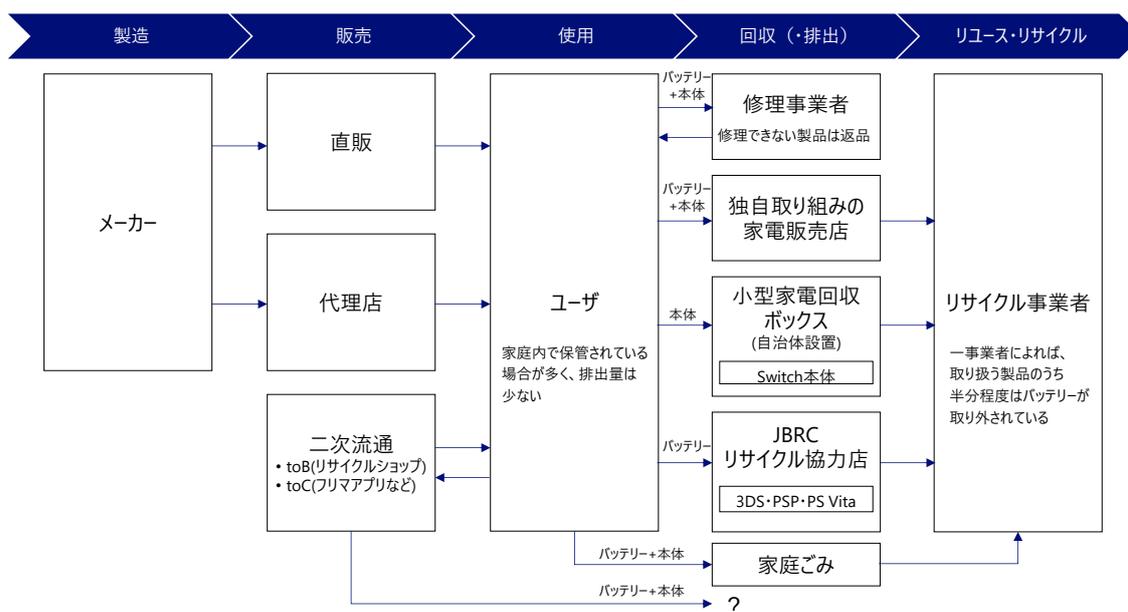
	Webページ・取扱説明書における廃棄時の指示	リサイクルに関する取り組み
エレクトロニクス	地方自治体の条例に従った処分を求める	バッテリーはJBRC協力店へ持ち込みを推奨 (ただし分解不可のため実質不可能)
Apple	説明書上は指示なし Apple Storeでの無料回収をWebで告知	各種製品のリサイクルを自社が主体となって実施 (ただし、PC・タブレット・スマホ以外はリサイクル実施とは明記なし)
ソニー	充電電池はリサイクル可能。電池の取り外しは 自社窓口への問合せを指示	明確なりサイクル対象の指定や、取り組み事例はなし
BOSE	取扱説明書では地方自治体の条例に従った 処分を求める Webサイト上では、バッテリーに絶縁処理を行った 上でリサイクル協力店への持ち込みを指示	明記なし
オーディオテクニカ	着払いでの回収について、説明書に明記	具体的なりサイクル内容についての情報はなし
Jabra	指示なし	明記なし

出所) 各機器の取扱説明書及び各社 HP

次に、ポータブルゲーム機の材料フローを図 1.2-10 に示す。ポータブルゲーム機は、ワイヤレスヘッドセットよりもライフサイクルが長く、リサイクルショップやフリーマーケットアプリを通じて二次流通する製品も比較的多いと推測される。故障の際は、修理事業者等が修理を担うが、ヒアリングを実施した修理事業者によると、修理事業者が

修理不能と判断した製品は基本的にユーザーに返品されるため、修理事業者が使用済み製品をまとめてリサイクルする取組は行われていない。メーカーによる製品の廃棄に関する指示としては、Nintendo Switch の本体を除き、すべての機種においてバッテリーの取り外しとリサイクル協力店への持ち込みが推奨されている（表 1.2-5）。ポータブルゲーム機のバッテリーは、ユーザーでも簡単に取り外すことができるため、ワイヤレスヘッドセットと比べるとリサイクルの障壁は低い。実際に、一リサイクル事業者によれば、リサイクル現場で確認されるポータブルゲーム機のうち、4～5割程度はバッテリーが取り外された状態で排出されている。また、ワイヤレスヘッドと同様に、一部の自治体や家電量販店はポータブルゲーム機の回収に取り組んでいるが、メーカーによる回収は行われていない。なお、任天堂は自社の Web ページにおいて、5つのリサイクルに関する取組（①安全性に配慮した上で分解性を考慮した設計、②分解後のリサイクルを助けるための材質表示、③複合素材の使用削減、④省資源に貢献する素材の使用拡大、⑤廃棄時の環境負荷低減を考慮する）を実施していることを公表している。

図 1.2-10 ポータブルゲーム機のマテリアルフロー



出所) ヒアリング及び各種公開情報より NRI 作成

表 1.2-5 ポータブルゲーム機各メーカーの製品・バッテリーに関する廃棄時の指示

メーカー	製品	Webページ・取扱説明書における廃棄時の指示	リサイクルに関する取り組み
任天堂	Nintendo Switch (本体)	各自治体の定めに従う	下記の取り組みにより環境に配慮した商品開発を行っているが、製品回収等については明記されていない <ul style="list-style-type: none"> • 安全性に配慮した上で分解性を考慮した設計 • 分解後のリサイクルを助けるための材質表示 • 複合素材の使用削減 • 省資源に貢献する素材の使用拡大 • 廃棄時の環境負荷低減を考慮する
	Nintendo Switch (コントローラ)	バッテリーは取り外し、最寄りのリサイクル協力店へ持ち込み	
	3DS	バッテリーは取り外し、最寄りのリサイクル協力店へ持ち込み	
ソニー	PSP	バッテリーを取り外し、コネクタの金属部にセロハンテープなどの絶縁テープを貼ってリサイクル協力店へ持ち込み	明記なし
	PS Vita		

出所) 各機器の取扱説明書及び各社 HP

使用済み小型家電の年間回収量は、2018年度において100,398 tであり、そのうち小型家電リサイクル法に基づく認定事業者による金属の再資源化量は45,716 t (内、金・銀・パラジウムの貴金属量は5,938 kg)であった¹。ワイヤレスヘッドセットやポータブルゲーム機の排出量が増えることで、バッテリーに含まれるレアメタルや、電子部品等に含まれる貴金属類の回収ポテンシャルが向上する可能性があると考えられる。

1.2.2. 課題及び解決方法、今後の可能性

課題の概要とその解決策

ワイヤレスヘッドセット及びポータブルゲーム機は、近年の市場拡大やヒット製品の登場を経て、今後排出量が急増する可能性を持つ。排出量の増加に備え、適切なりサイクルを促進することで、資源循環を実現するとともにリチウムイオン電池による発火事故のリスクを低減する必要がある。本調査を通じて、適切なりサイクルの促進に向けては、使用済み製品の回収と処理の工程それぞれに課題が存在することが明らかとなった。

① 回収における課題

「小型家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書（2020年8月）」によると、小型家電リサイクル法で定める認定事業者は2019年11月末時点で53事業者に上り、認定事業者の全国的な配置が進んできた。さらに、小型家電リサイクル制度に参画する地方自治体も増加し続けており、2018年度には市町村数ベースで約93%、人口ベースで約97%に達した。参画する地方自治体は、それぞれ、回収ポ

¹ 産業構造審議会 産業技術環境分科会 廃棄物・リサイクル小委員会 小型家電リサイクルワーキンググループ、中央環境審議会 循環型社会部会 小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会 合同会合 「小型家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書（2020年8月）」、<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114485.pdf>

ックスを公共施設、小売店等に設置し定期的に回収する方法、ごみ集積所ごとに定期的に行っている資源回収と合わせて回収する方法、収集したごみや資源から使用済み小型家電を清掃工場等で選別して回収する方法など、多様な方法を採用して小型家電の回収に取り組んでいる。また、認定事業者による直接回収も拡大しており、家電量販店等における店頭回収のほか、ホームセンターと認定事業者が連携しホームセンターに回収拠点を設置する方法や、認定事業者が自ら回収拠点を設置し消費者から小型家電を回収する方法、さらにはインターネットで回収を受け付け宅配便を活用し回収する方法など、消費者のニーズに対応した様々な回収方法を取り入れている。このように、小型家電リサイクル法に基づき回収の体制整備が進んできた状況において、認定事業者、地方自治体、小売店等による取組の更なる普及が重要である。

一方、ワイヤレスヘッドセットは、一部のメーカーや家電量販店、自治体による回収の取組が見受けられるものの、近年市場普及が始まったものであり現在は排出量が少ないことから、回収方法の整備には至っていない。さらに、使用済み製品のメーカーへの送付や、家電量販店への持ち込みは、いずれもユーザーにとって手間やコストがかかる。

また、ポータブルゲーム機は、ワイヤレスヘッドセットと比較するとユーザーによるバッテリーの取り外しが容易であるものの、取り外したバッテリーをリサイクル協力店へ持ち込むことや、使用済み製品の回収を行う家電量販店へ製品を持ち込むことは、同様に手間とコストを要する。

このように、いずれの製品においても、ユーザーフレンドリーかつリサイクルにつながる回収方法が整備されていないため、多くのユーザーがリサイクルを行わず家庭ごみとして排出していることが課題であると考えられる。リサイクルを推進するためには、より手軽で費用負担のない回収方法の整備が望まれる。

回収における課題に対しては、メーカーや小売事業者による働きかけが効果的であると考えられる。例えば、メーカーが自治体と連携して製品別回収を実施すれば、ユーザーはリサイクルに取り組みやすくなり、効率的な回収が可能となる。また、ユーザーに対して適切な方法による排出を促すために、取扱説明書の排出方法に関する記載を詳細化する、あるいは、小売事業者が製品の販売時に排出方法をユーザーへ案内するなどといった取組も、課題解決に寄与しうる。

② 処理における課題

ワイヤレスヘッドセットは、ユーザー自身による使用済み製品の分解は技術的に困難かつ危険を伴うため、通常バッテリーが取り外された状態では排出されない。しかし、取扱説明書や Web サイトにおいて、ユーザーに対するリサイクル方法の明確な指示はされていないことが多い。さらに、ごみとして排出された場合に、ごみ処理事業者が製品を選別しバッテリーを取り外す技術も確立されていない。なお、使用済み製品の自主回収に取り組むメーカーは一部存在するものの、サービスの積極的な広報は行われていないため、ユーザーからの認知度は低く、十分には活用されていないと推察される。

ただし、リサイクル事業者によると、ワイヤレスヘッドセットに使用されるリチウムイオン電池は小型であるため、破碎工程における発火の危険性は低い。従って、安全性の観点では、ワイヤレスヘッドセットの処理方法の確立が喫緊の課題とはなっていない。

ポータブルゲーム機に関しては、一般的に取扱説明書でバッテリーの取り外しとリサイクル協力店への持ち込みが指示されている。実際、バッテリーを取り外してから排出しているユーザーは一定数存在するものの、更なる徹底を促す余地は残されている。なお、バッテリー以外のゲーム機本体については廃棄方法が明記されていないケースが多く、記載があっても、自治体の指示に従うようにという言及にとどまる。リチウムイオン電池だけでなく、金属が使用された本体部分も高い資源価値を持つ可能性はあるが、現状ではその価値が定量的に評価されておらず、ごみ処理業者による製品別回収や、資源抽出の取組は確認されていない。

以上のように、ワイヤレスヘッドセットとポータブルゲーム機いずれも現在は排出量が多くないこともあり、ユーザーに対する適切な処理の呼びかけや、ごみ処理事業者における処理方法の確立が未だ進んでいないことが課題であると考えられる。

処理における課題に対しては、今後見込まれる排出量の増加に向けて、適切な処理ルート構築を早急に整備を進めることが重要となる。製造時には、任天堂が掲げている、分解性を考慮した設計や、静脈産業への製品材質情報提供が効果的と考えられる。また、全国から排出された使用済み製品を集約し一括して処理すると、効率的な処理が可能になるとともに回収資源の量を確保しやすくなる。

1.3. 電気自動車（燃料電池車含む）

1.3.1. 現状

製品概要と市場

- 電気自動車への移行に関する動向

地球規模での気候変動対策や、省エネルギーの観点から電動車（xEV²）の普及が急務となっている。また、特に電気自動車、プラグイン・ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の蓄電・給電機能を災害時に活用することや、エネルギーシステムの一部として活用することも期待されている。

日本国政府の「未来投資戦略 2018」においては、2030年の国内普及目標を図 1.3-1 の通り掲げている。また、自動車新時代戦略会議中間整理（2018年7月）においては、2050年までに世界で供給する日本車について世界最高水準の環境性能の実現することを長期ゴールとして掲げている（図 1.3-2）。³

直近では菅義偉首相は2021年1月18日に始まった通常国会での施政方針演説で、国内販売車の電動化について「2035年までに新車販売で電動車100%を実現する」と表明している。

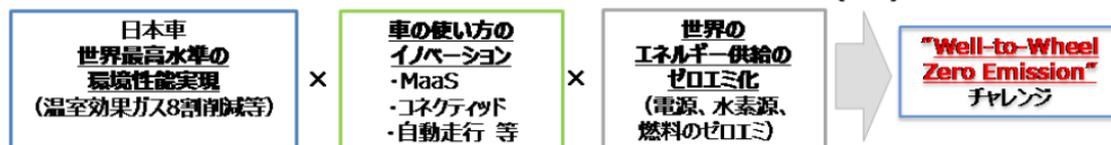
図 1.3-1 2030年の次世代自動車の国内普及目標

	2030年
従来車	30~50%
次世代自動車	50~70%
ハイブリッド自動車	30~40%※
電気自動車	20~30%※
プラグイン・ハイブリッド自動車	~3%※
燃料電池自動車	5~10%※
グリーンディーゼル自動車	

出典) 経済産業省³

図 1.3-2 2050年までの長期ゴール

世界で供給する日本車について世界最高水準の環境性能を実現する（世界市場の目標は世界初）
 = 1台あたり温室効果ガス8割程度削減を目指す（乗用車は9割程度削減、電動車(xEV)100%想定）



出典) 経済産業省³

² 電気自動車、プラグイン・ハイブリッド自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車

³ 「電動車の普及とその社会的活用を促進するため、官民・企業間の協業を促す「電動車活用社会推進協議会」を立ち上げます」（2019年3月）、

<https://www.meti.go.jp/press/2019/04/20190408008/20190408008.html>

電気自動車は、2025年には世界新車販売台数の約30%を占め、2030年にはガソリン車とディーゼル車の合計を超えて51%のシェアを獲得すると推計されている。特に、バッテリー駆動の電気自動車（BEV）とプラグイン・ハイブリッド車（PHEV）のシェアは急速に拡大すると見込まれている。BEVのシェアは2019年の2%から、2025年に7%、2030年に18%、PHEVは2019年の1%から、2030年には6%と試算されている（図1.3-3）。⁴

日本での新車販売台数における電気自動車の割合は、2025年までに40%を超え、2030年に55%となると見込んでいる（図1.3-4）。駆動システム別にみると、日本市場の成長は他の主要市場とは異なり、ハイブリッド車（HEV）のシェアが2019年時点で既に22%を占めており、2030年でも23%と引き続きシェアを維持すると予測されている。これは、国内主要メーカーが長年の間、ハイブリッド技術に多大な投資をしていることが要因で、このシェアをほかの駆動システムが奪うことは、容易ではないためであると推測されている。⁴

また、電気自動車のシェア拡大の加速には、「電動車を購入・維持する総コストの低下」「CO₂排出規制による影響」「消費者とメーカーの動向」が要因と考えられる。⁴ 政府等によるインセンティブの例として、例えば東京都では電気自動車の促進事業を実施しており、自動車から排出される二酸化炭素の削減を図るため、電気自動車・プラグイン・ハイブリッド自動車を導入する個人、事業者等に対して、その経費の一部を助成している（図1.3-5）。

5

上述の「未来投資戦略2018」等に加え、2020年10月26日には「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことが宣言された。東京都・京都市・横浜市を始めとする191自治体（27都道府県、106市、2特別区、46町、10村）が「2050年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明している。⁶ このことから、CO₂排出量の少ない電気自動車への移行は進むと考える。また、国内では例えば三菱自動車社で新型軽EV生産に向けて、水島製作所で大型設備投資を実施しており⁷、経済産業省も充電インフラ設備促進事業を進めていることも⁸、電気自動車への移行を後押ししていると考えられる。

⁴ 「世界の電動車（xEV）シェアは2030年に51%へ。日本では2030年に55%、ハイブリッド車が引き続きシェアを維持～BCG調査」（2020年1月）、<https://www.bcg.com/ja-jp/press/10january2020-electric-car>

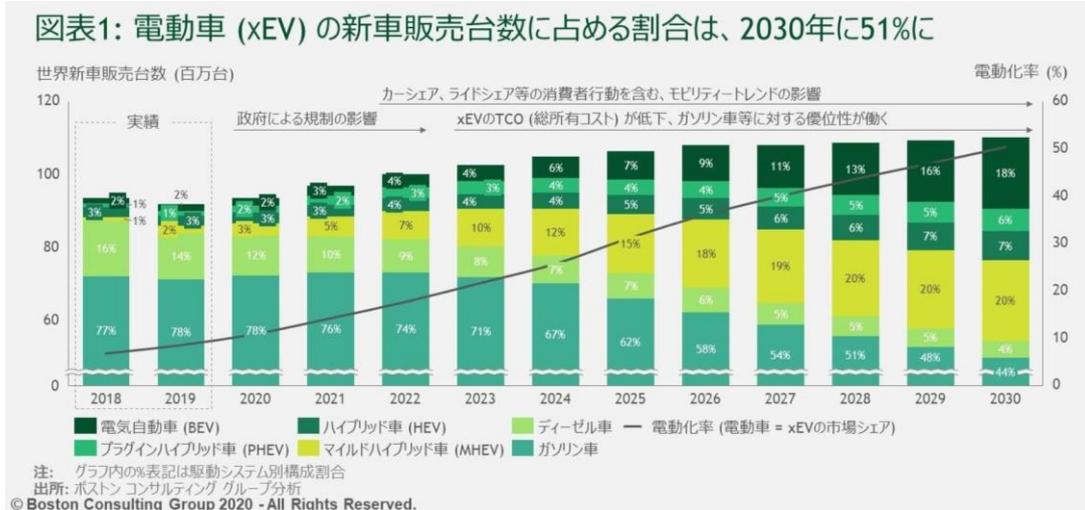
⁵ 東京都「電気自動車等の普及促進事業」、<https://www.tokyo-co2down.jp/individual/subsidy/ev/index.html>

⁶ 経済産業省「2050年カーボンニュートラルを巡る国内外の動き」（2020年12月）、https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/chikyu_kankyo/ondanka_wg/pdf/002_03_00.pdf

⁷ 三菱自動車「新型軽EV生産に向けて、水島製作所で大型設備投資を実施」（2020年7月）、<https://www.mitsubishi-motors.com/jp/newsrelease/2020/detail5449.html>

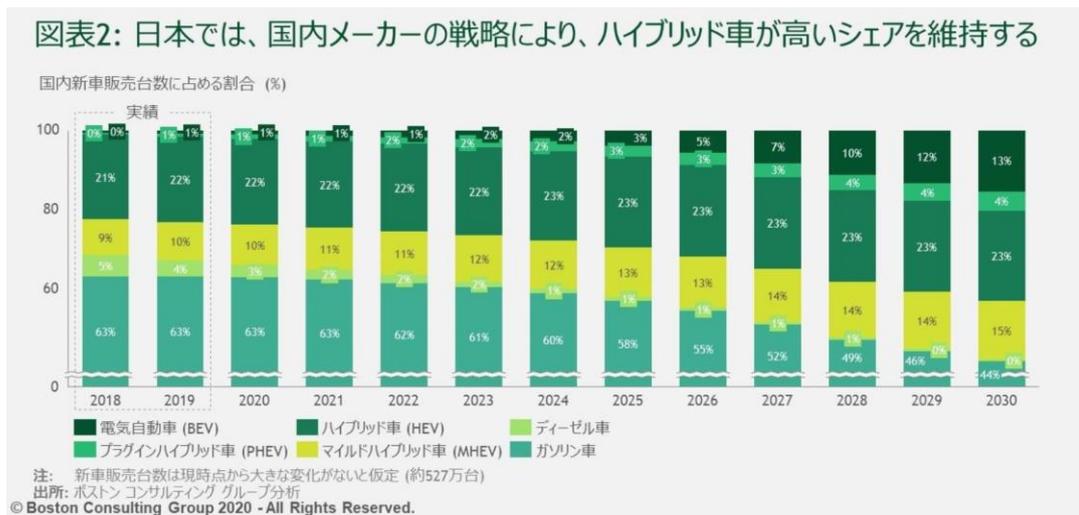
⁸ 経済産業省「電気自動車・プラグイン・ハイブリッド自動車の充電インフラ整備事業費補助金について」（2017年6月）、https://www.meti.go.jp/information_2/publicoffer/review2017/html/h29_s6.pdf

図 1.3-3 世界における 2030 年の xEV の普及予測



出典) Boston Consulting Group4

図 1.3-4 国内における 2030 年の xEV の普及予測



出典) Boston Consulting Group4

表 1.3-1 xEV シェア拡大の要因

No.	要因	詳細
1	電動車を購入・維持する 総コストの低下	消費者にとっての総所有コストを低下させる最も大きな要因はバッテリー価格の下落である。キロワット時あたりのバッテリー価格は、2014 年から2030 年の間で 540 ドルから 100 ドルになると予想される。この急速な下落によって、BEV を 5 年間所有したときの総コストは 2022 年か 2023 年にガソリン車に並ぶ。また、政府等によるインセンティブもコストを押し下げている。
2	CO ₂ 排出規制による影響	世界的に、規制は厳しくなっていく。電動車の製造は、メーカーにとって CO ₂ 排出目標をクリアするための最も安価な解決策となる。
3	消費者とメーカーの動向	消費者は、電動車を買うと、さらに電動車に対して好意的になるため、販売台数が増えると消費者の満足と再購入意欲が高まる。メーカーは充電インフラや電動車の製造施設に投資しており、新しいモデルを発表する準備もしており、同時に適正処理に関する技術開発も進めている。

出所) Boston Consulting Group4、
ヒアリング結果をもとにエヌ・ティ・ティ・データ経営研究所作成

図 1.3-5 充電インフラ促進事業概要

補助対象

No.	公共性	事業名	対象設備
1	公共用	高速道路SA・PA及び道の駅等への充電設備設置事業（ <u>経路充電</u> ）	・「高速道路SA・PA（新設または電欠防止の観点から特に重要なところに限る）」「道の駅」「空白地域」における充電設備。
2	公共用	商業施設及び宿泊施設等への充電設備設置事業（ <u>目的地充電</u> ）	・「商業施設」「宿泊施設」等のEV・PHVの利便性向上の観点から電気自動車等の普及に特に有効な施設における充電設備。
3	非公共用	マンション及び事務所・工場等への充電設備設置事業（ <u>基礎充電</u> ）	・「共同住宅」等の駐車場における充電設備。 ・「工場・事業所」の従業員駐車場、社有車駐車場における充電設備。
4	—	<u>課金装置</u> 設置事業	・既存の充電器に対して追加で設置した課金装置。

※補助率は、工事費は全額補助、機器は場所・機器の種類により全額、2/3または1/2

○ 予算額

2012年度	2014年度	2016年度	2017年度
240億円	300 億円	25 億円	18億円

出典) 経済産業省⁸

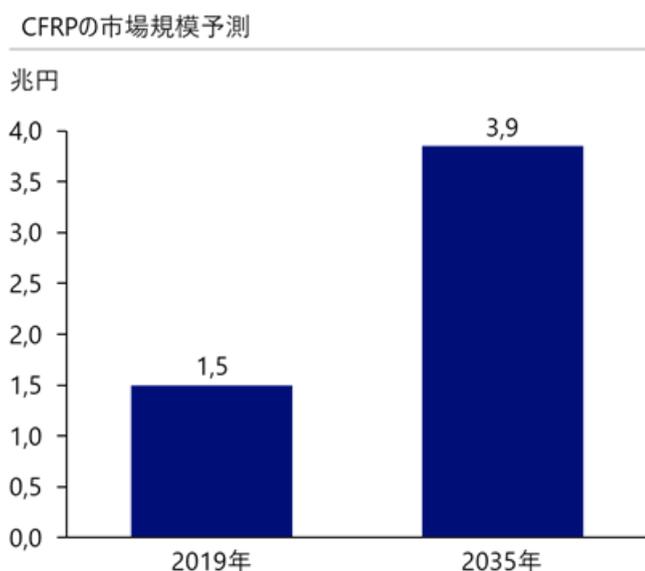
現状、燃料電池車は日本や韓国の自動車メーカーが先行して発売しているが、2021年度以降はドイツや米国の自動車メーカーからも本格的な製品投入が予想される。また、中国の自動車メーカーも量産モデルを投入するとみられ、2025年度には主要自動車メーカーのラインアップが充実すると考えられる。また、日本の自動車メーカーではトヨタ自動車や本田技研工業が次世代車種の投入を予定しており、将来的には量産化により同車格のHV車との価格差を縮めてゆくことを目標としている。

2025年度以降、各自動車メーカーの量産技術・体制が確立されることにより、政府の補助金や支援策から自立した市場が形成されると予想される。水素ステーションの整備と稼働率・稼働時間の向上に向けた施策も並行して行われ、ユーザーの利便性も高まり、需要が増えるとみられる。2030年度に日本は80万台、韓国は85万台、中国は商用車も含めて100万台、米国（カリフォルニア州）は100万台の累積導入を目指している。2030年度時点では、自動車市場におけるFCVの構成比は1%にも満たないものの、今後はコストダウンや水素インフラの整備と共に加速度的に市場が拡大すると予想され、2030年度以降の本格的な普及が期待される。

フォークリフトやバス、トラック・商用車など駆動体/移動体で使用される燃料電池を対象とする。現状は、北米を中心としたフォークリフト、中国を中心としたバス、トラック・商用車の需要が大部分を占めるが、今後は鉄道や船舶、スクーターでの採用も

増えるとみられる。各国で様々な駆動体／移動体で普及・導入計画が策定されていることから、今後の市場拡大が予想される。⁹

図 1.3-6 CFRP の市場規模予測



出典) 富士経済¹⁰

● 電気自動車への移行に伴う自動車部品の減少

従来、ガソリン車内燃機関で使われる様々な素形材部品は、耐熱性や剛性、複雑性を要求された。しかしながら、電気自動車では電池とモーターによる簡易な組み立てが可能となり、モジュール化が急速に進むとともに、必要とされる部品の数も大きく削減されると予想されている。¹¹

現在の自動車の部品数を3万点とした場合、電気自動車では、約11,000点(約37%)の部品が減少すると想定されており¹¹、具体的には図1.3.1-8に示すエンジン部品、駆動・伝達および操縦部品等の排出量が減少し、代わりに蓄電部品や水素貯蔵タンクの排出量が増加すると考えられる。

⁹ 富士経済「拡大が続く燃料電池の世界市場を調査」(2020年3月)、
<https://www.fuji-keizai.co.jp/file.html?dir=press&file=20027.pdf&nocache>

¹⁰ 日本経済新聞「富士経済、炭素繊維複合材料(CFRP/CFRTP)の世界市場調査結果を発表」(2020年4月)、
https://www.nikkei.com/article/DGXLRS532844_T10C20A4000000/

¹¹ 新素形材産業ビジョン策定委員会「新素形材産業ビジョン」(2013年3月)、
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/sokeizai/sinsokeizaivision.pdf

図 1.3.1-7 電気自動車によって不要となる部品（推定）

	ガソリン自動車の 部品の構成比	電気自動車に不 要となる部品割合	自動車部品点数を3万点 としたときの部品点数	電気自動車に不要とな る部品点数
エンジン部品	23%	23%	6900	6900
駆動・伝達及び操縦部品	19%	7%	5700	2100
懸架・制動部品	15%	0%	4500	0
車体部品	15%	0%	4500	0
電装品・電子部品	10%	7%	3000	2100
その他の部品	18%	0%	5400	0
合計	100%	37%	30,000	11100

出典) 新素材産業ビジョン策定委員会¹¹

図 1.3.1-8 電気自動車への移行に伴う部品の変化

ガソリン車		電気自動車 (BEV)		電気自動車 (FCV)	
部位	部品	部位	部品	部位	部品
エンジン	エンジンコントロールユニット、フューエルセンサ、アクセルポジションセンサ、スロットルセンサ、エアフロセンサ等				
燃料系	燃料タンク、燃料ポンプ、燃料パイプ・チューブ、インジェクター等				
トランスミッション					
呼吸系・排気系	エアークリーナー、インテークマニホールドエキゾーストマニホールド、排気管、マフラー (サイレンサー)、排ガス浄化触媒				
		蓄電部品	リチウムイオン電池等	蓄電部品	リチウムイオン電池等
		電子・電気部品	モーター、コントローラー等	電子・電気部品	モーター、コントローラー等
					水素貯蔵タンク

出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

● 電気自動車への移行に伴うベースメタル・レアメタル使用量の変化

業界団体へのヒアリングによると、電気自動車への移行に際し、例えば、前項で示した通りエンジンが不要となれば、アルミの使用量が大幅に低下する。一方で、電気自動車のモーターの利用により、銅の使用量は増加すると考えられる。また、電気自動車の蓄電部品の重量は約 300 kg 程度と重く、蓄電部品による車体重量の増加に対応するため、車体の軽量化が進み用いられる鉄の使用量が減少する。

部品の変化に加え、電気自動車の移行に伴う車体重量の変化等も考慮した各種金属量の増減の予測を表 1.3-2 に示す。

業界団体へのヒアリング及び事前の調査結果から Al, Cr 等のエンジンやトランスミッションで使用されている金属種の排出量は、低下すると考えられる。一方で、例えば駆動モーターに用いられる銅の使用量は約 2.6 倍になると考えられている (図 1.3-9)。電気自動車と一部共通して、ガソリン車でも電気・電子部品が増加していることから (図 1.3-10)、ベースメタルに関しては銅の排出量が特に増加すると考えられる。

また、LiB 市場は 2015 年～2025 年の 10 年間で 5 倍に拡大すると推測されていることから、レアメタルに関しては Ni, Co, Mo 等の LiB に使用される金属種の排出量が今後特に増

加すると考えられる（図 1.3-11）。

以上を整理すると、電気自動車への移行に伴う総ベースメタル・レアメタル使用量は図 1.3-12 の通りとなる。

表 1.3-2 業界団体へのヒアリング実施結果

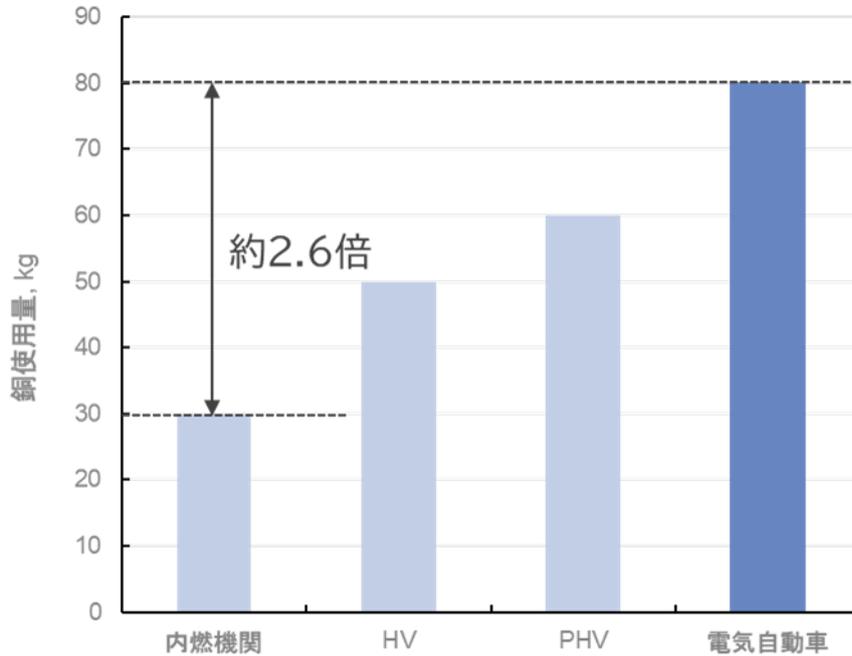
部位	主に含まれる金属	使用量の増減
エンジン ^{12,13}	Ni, Cr, Mo, Al	減少
燃料系 ¹³	Ni, Cr	減少
トランスミッション ¹⁴	Cu, Al, Zn, Mn, Fe	減少
呼気・排気系 ^{12, 13}	Pt, Rh, Pd, Y	減少
蓄電部品 ^{12, 13}	Ni, Co, Mo, Mn, Zr, Li, Mn, Nd, Dy, B, Ga, Pt	増加
電気・電子部品 ^{12, 13}	Cu, Nd, Dy, Tb	増加
水素貯蔵タンク	- (CFRP)	-
車体 ¹²	Fe	減少

¹² 名古屋大学グリーンモビリティセンター「次世代自動車とそのリサイクル技術に関する最新研究」(2015年)、<http://www.fsrj.org/news/4-kankobutu/26/26-5.pdf>

¹³ 次世代自動車普及に伴う自動車産業におけるレアメタル需要動向(2010年)、http://mric.jogmec.go.jp/wp-content/old_uploads/reports/resources-report/2010-09/MRv40n3-01.pdf

¹⁴ 日立金属「トランスミッション用部材(銅合金)」、<https://www.hitachi-metals.co.jp/products/infr/ai/copper.html>

図 1.3-9 自動車部品としての銅使用量比較



出典) 三菱マテリアル¹⁵

図 1.3-10 電子・電気部品増加の背景

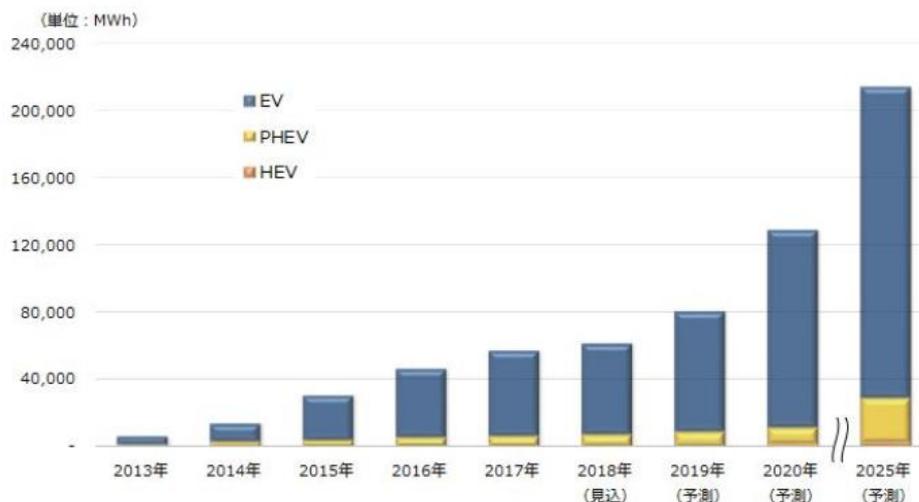
1 燃費向上技術の進展	電動化	電動化とは、操作機器の駆動源をエンジン出力から電気モーターに変えることである。エンジンの出力を利用する場合、機器はベルト、チェーン、ギヤなどでエンジンとつながっており、小型車 高級車 HEV EVの部分で生じる機械損失(エネルギーロス)は燃費を悪くする原因の1つである。直接電気モーターで操作機器を駆動することでそのようなロスを防ぐことができる。
	アイドリングストップ	アイドリングストップではエンジンが止まるため、従来エンジンの出力で駆動していたパワー ステアリング、油圧ポンプ、エアコンコンプレッサーなどの機器の電動化は不可欠である。
	回生ブレーキ	回生ブレーキは、発電機を回して発電するときの抵抗を制動力として利用し、その発電した電気をキャパシタなどに蓄電池空調などの作動に使う。捨てていたエネルギーの回収利用と機器作動に使うエンジン出力の削減により燃費が良くなる。
2 電動化の促進	ヒーター	現在エンジン出力をベルトで伝えてエアコンのコンプレッサーを作動させているものが多い。その場合アイドリングストップでエンジンを止めるとコンプレッサーも止まってしまうためエアコンが効かなくなってしまう。そのため電動化は必ずでアイドリングストップ採用と同時にモーター駆動に変わる。
	オイルポンプ	オイルポンプはエンジンを潤滑・冷却するエンジンオイルに圧力をかけて循環させている。ポンプを作動させるためにエンジン出力の一部が使われており電動化される可能性がある。
	ウォーターポンプ	エンジンの出力をベルトで伝えて動かしており、必要であるか否かにかかわらず常時作動している。電動化することで必要などときに必要なだけ作動させられ、エンジンの出力を無駄に使わなくて済む。
電子・電気部品の増加	エンジン・変速機・空調システムなどの電子制御の拡大と高度化、操舵システム・制動システムなどの操作機器の電動化の拡大、カーナビなどの電子機器の増加などで、電子・電気部品は増加している。更に次世代自動車では、電子制御や電動化の範囲は大幅に増加し、HEV(ハイブリッド車)、EV ではコストベースでそれぞれ 47%、70%になる。	

出典) 中小企業診断協会¹⁶

¹⁵ 「統合報告書 2018」、https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/ir/pdf/integrated_report2018.pdf

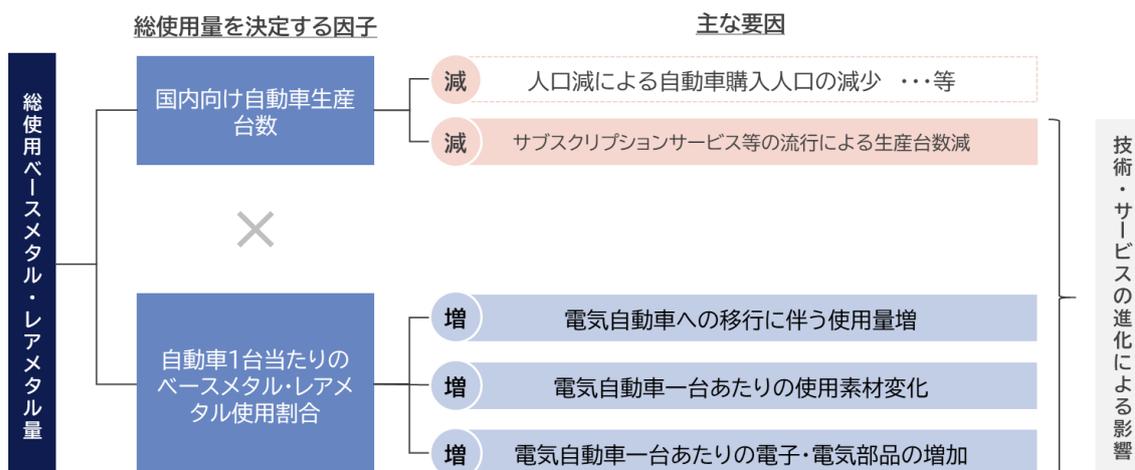
¹⁶ 「次世代自動車の中国地域の自動車関連産業への影響の考察と対応策の提言」(2012年1月)、https://www.j-smeca.jp/attach/kenkyu/shibu/h23/h_hiroshima.pdf

図 1.3-11 LiB 市場規模推移予測（世界）



出典) 矢野経済研究所¹⁷

図 1.3-12 総使用ベースメタル・レアメタル量変動の要素



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

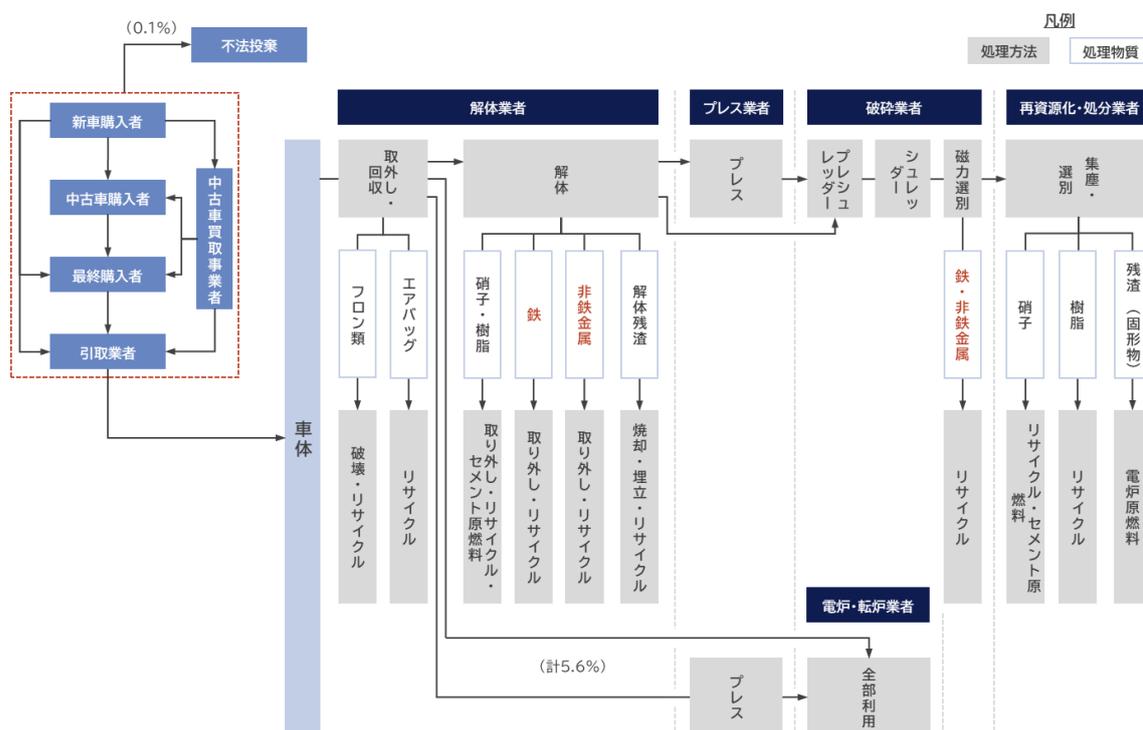
¹⁷ 「2017年の車載用リチウムイオン電池世界市場は前年比123.1%の57.4GWh」（2018年11月）、https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2019

マテリアルフローとリサイクル・リユースの現状

【自動車車体】

前項までの調査結果を基に、現行のガソリン車のマテリアルフローを図 1.3-13 に記載する。電気自動車への移行に伴い、ガソリン車の回収台数は減少すると考えられるため、これまで排出されていた鉄・非鉄金属類(図 1.3-13 赤字部分)も同様に減少すると考えられる。

図 1.3-13 ガソリン車のマテリアルフロー



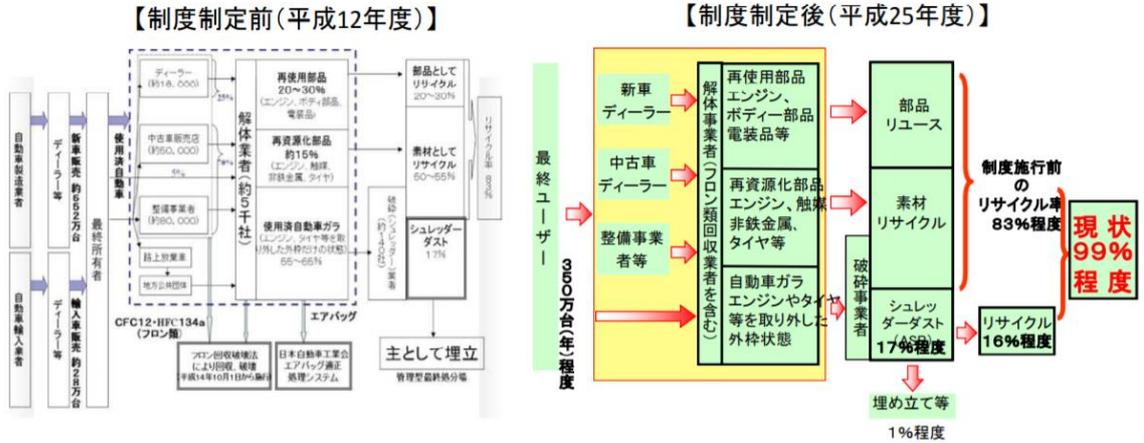
出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

ガソリン車に関してシュレッダーダスト (ASR) のリサイクル拡大により、使用済み自動車全体のリサイクル率は平成 12 年度 (制度制定前) : 83 %から平成 25 年度 : 99 %まで向上した。(図 1.3-14) 自動車リサイクル法に基づいて各メーカーが処理責任を果たしているため(図 1.3-15)、電気自動車への移り変わりが進みつつある現在でもリサイクル率は向上している。¹⁸

前項までの調査結果を基に、現行のガソリン車のマテリアルフローを図 1.3-16 に記載する。電気自動車への移行に伴い、鉄や非鉄金属(ワイヤーハーネスに用いられる銅等)の図 1.3-16 赤字部分の排出量は表 1.3-2 の通り変動する。また、図 1.3-17 に記載した部品が排出されるため、これら部品の処理が新たに発生すると考えられる。

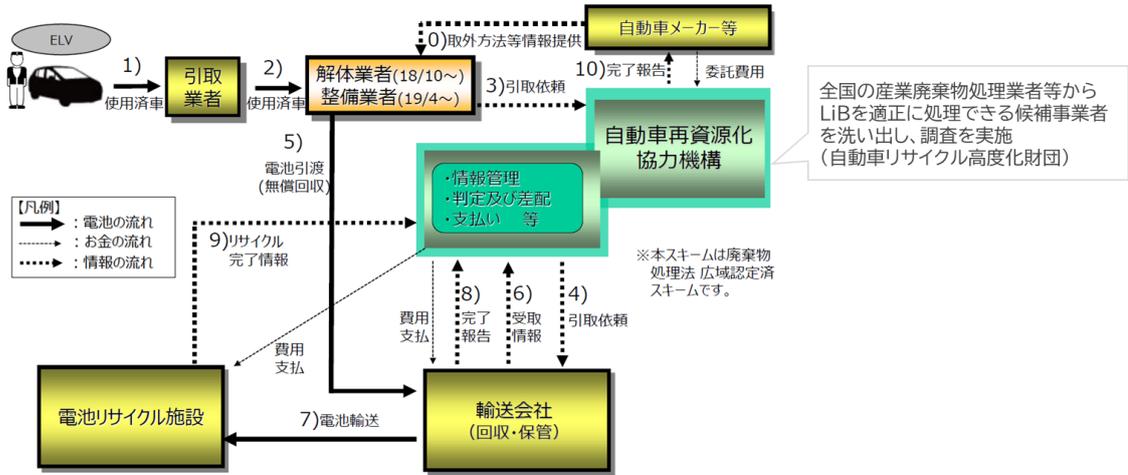
¹⁸ 環境省「自動車リサイクル法の施行状況」(2020年8月)

図 1.3-14 日本の自動車のリサイクル率



出典) 環境省、経済産業省¹⁹

図 1.3-15 LiB の回収に関する取組

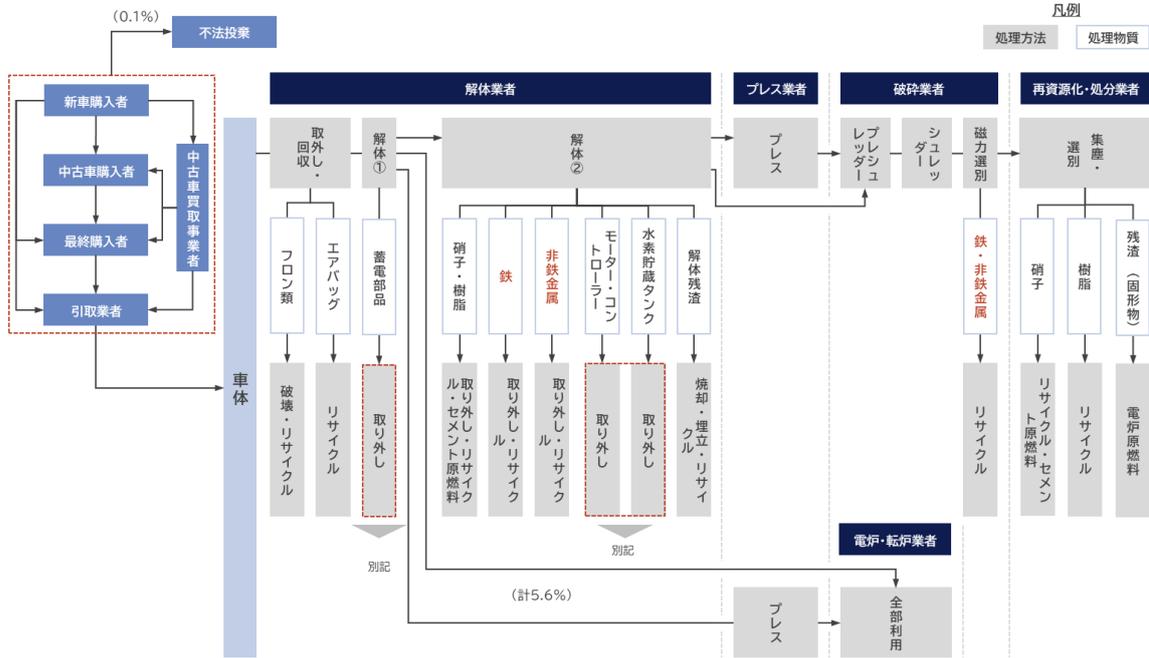


出典) 一般社団法人日本自動車工業会²⁰

¹⁹ 「日本の自動車リサイクル制度の現状」(2014年12月)

²⁰ 「次世代車の適正処理・再資源化の取組状況概要」(2019年9月)、
http://www.env.go.jp/council/03recycle/y033/mat06_2.pdf

図 1.3-16 電気自動車のマテリアルフロー



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

図 1.3-17 電気自動車への移行に伴う部品の変化

ガソリン車		電気自動車 (BEV)		電気自動車 (FCV)	
部位	部品	部位	部品	部位	部品
エンジン	エンジンコントロールユニット、フューエルセンサ、アクセルポジションセンサ、スロットルセンサ、エアフロセンサ等				
燃料系	燃料タンク、燃料ポンプ、燃料パイプ・チューブ、インジェクター等				
トランスミッション					
呼吸系・排気系	エアークリーナー、インテークマニホールドエキゾーストマニホールド、排気管、マフラー (サイレンサー)、排ガス浄化触媒				
		蓄電部品	リチウムイオン電池等	蓄電部品	リチウムイオン電池等
		電子・電気部品	モーター、コントローラー等	電子・電気部品	モーター、コントローラー等
					水素貯蔵タンク

出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

【自動車部品】

大部分のマテリアルフローはガソリン車と同様であるものの、電気自動車に用いられる「蓄電部品」「モーター・コントローラー」「水素貯蔵タンク」は前項の図 1.3-16 に記載のフローに従い取り外し回収され、蓄電部品に関しては一部全部利用される。部品ごとの回収に関する特記点を以下に記載する。

● 蓄電部品 (LiB)

前項までの調査結果を基に作成した LiB のマテリアルフローを図 1.3-18 に示す。LiB の回収には①業界の取組と②個社の取組があり、次項に一例を記載する。

<業界の取組>

LiB に関して、2015 年の自動車リサイクル法審議会合同 WG にて、適正処理のセーフティネット構築の必要性が示された。これを受け、一般社団法人日本自動車工業会 (JAMA) 及び一般社団法人日本自動車工業会 (JAMA) では回収・適正処理の仕組み構築を支援している。一般社団法人自動車再資源化協力機構 (JARP) を窓口とした無償回収システムを構築し (図 1.3-19)、2018 年 10 月より運用を開始しており、以下の条件を全て満たしているバッテリーが、回収対象となる。²¹

- ・ 車載用リチウムイオンバッテリーが産業廃棄物となったもの
- ・ 排出事業者から廃棄物として排出されるもの
- ・ 本回収システムに加入している自動車メーカー等のもの

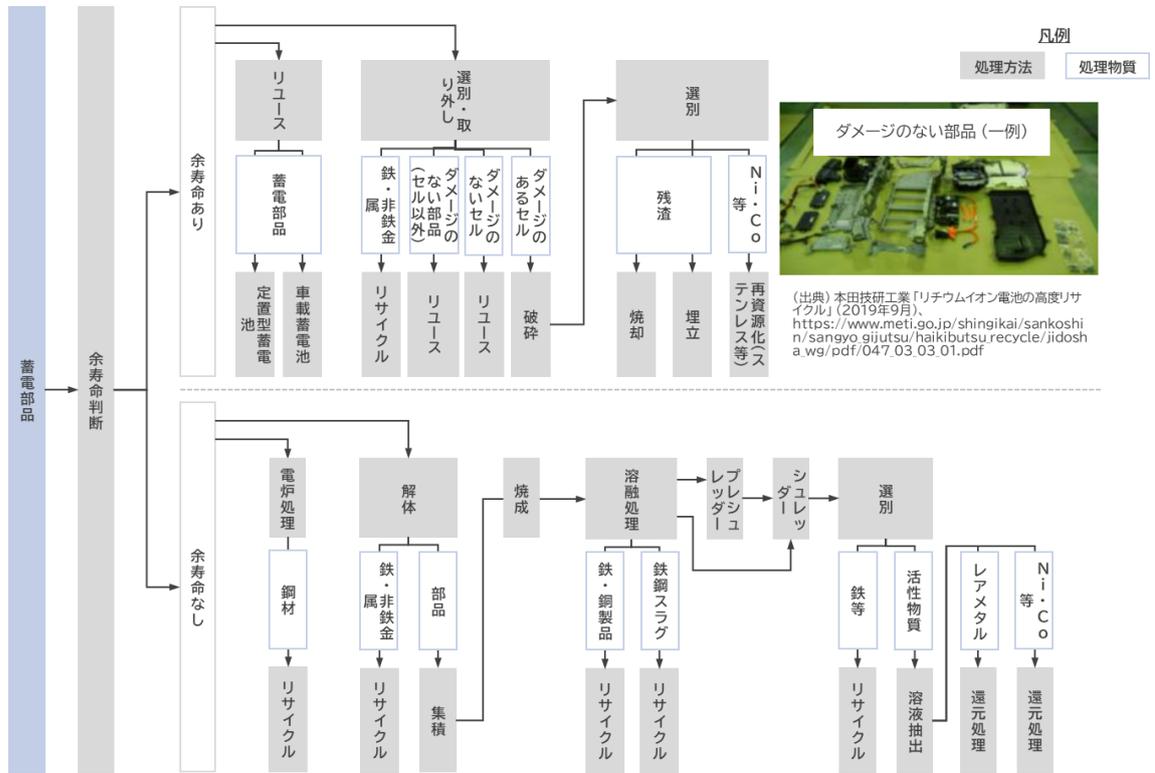
現在は、図 1.3-20 に示す企業がシステムに参加している。ヒアリングの結果、電気自動車への移行に伴い、今後国外企業や新規企業が加入する可能性があることを確認した。

<個社の取組>

個社でも回収を実施している事例もあり、例えばフォーアールエナジー社は、図 1.3-21 に示すような独自の取組を進めている。

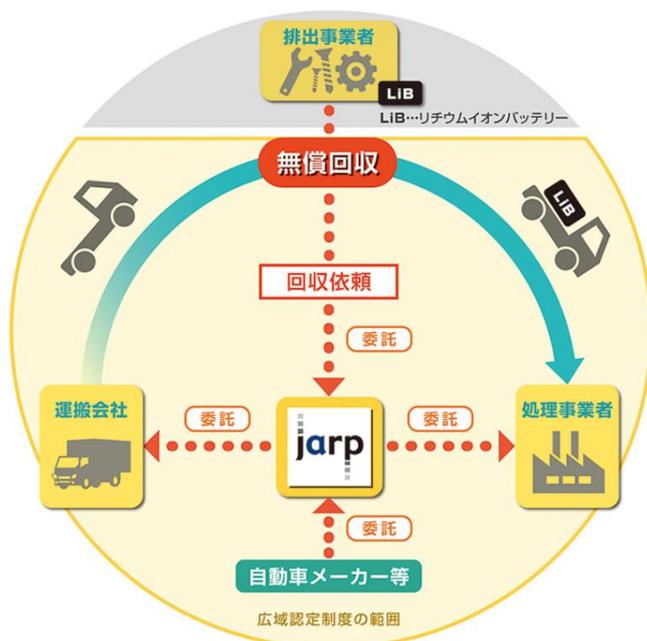
²¹ 自動車再資源化協力機構「LiB 共同回収システムについて」、<http://www.jarp.org/duties/lib/>

図 1.3-18 蓄電部品のマテリアルフロー



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

図 1.3-19 LiB 共同回収フロー



出典) 自動車再資源化協力機構²¹

図 1.3-20 加盟企業



出典) 自動車再資源化協力機構²¹

図 1.3-21 フォーアールエナジー社の取組



出典) 自動車リサイクル促進センター²²

● 電子・電気部品

前項までの調査結果を基に作成した電子・電気部品のマテリアルフローを図 1.3-22 に示す。なお、電気自動車における電子・電気部品のうち、ワイヤーハーネス等のガソリン車にも共通して用いられている部品ではなく、「モーター」「コントローラー」等電気自動車に用いられる部品に注目して整理を行った。

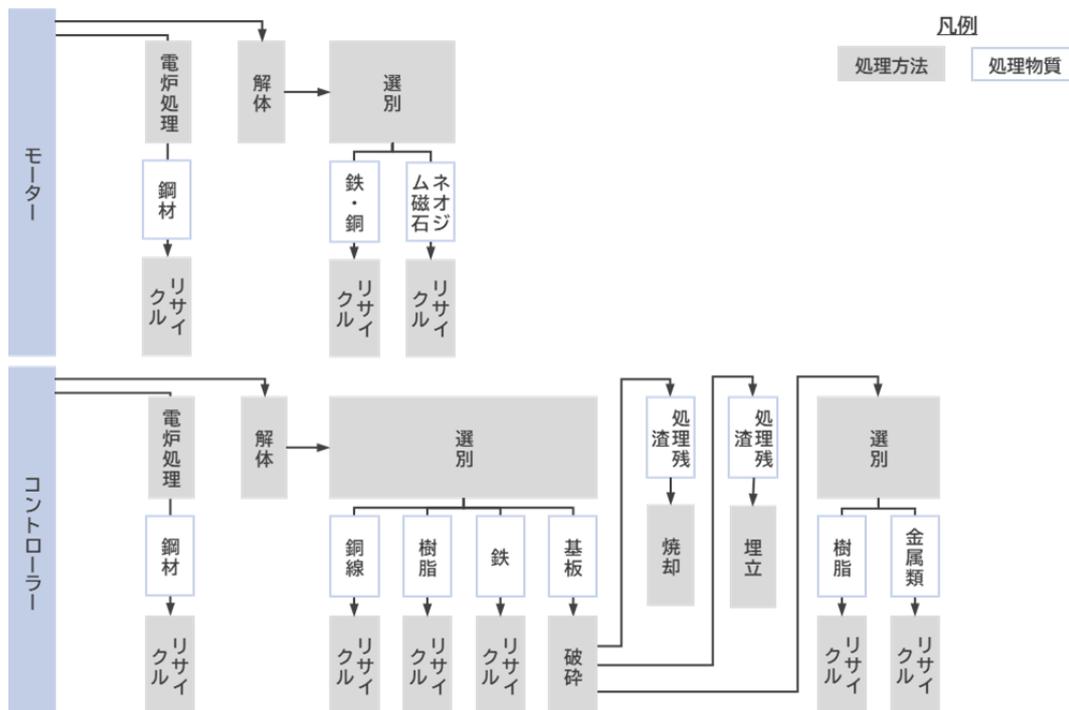
電気自動車の世界販売台数を 2030 年で 1,787 万台と想定した場合、自動車 1 台あたりの車載モーター搭載数の増加も踏まえ、2030 年の車載モーター世界市場は約 56 億個規模（新車販売台数ベース）まで拡大すると予測される。

モーターは回収後、電炉処理され鋼材としてリサイクルされるか、もしくは解体・選別されて鉄・銅・ネオジム磁石としてリサイクルされる。しかしながら、業界団体へのヒアリングの結果、ネオジム磁石へのリサイクルは経済採算性が合わないため、現時点ではネオジム磁石へのリサイクルは積極的に実施していないことを確認した。

コントローラーはモーターと同様に、電炉処理され鋼材としてリサイクルされるか、解体された後に適正処理される。コントローラー基盤は選別後、さらに破碎され金属・樹脂に選別される。その処理残渣の一部は焼却・埋立処理される（図 1.3-23）。

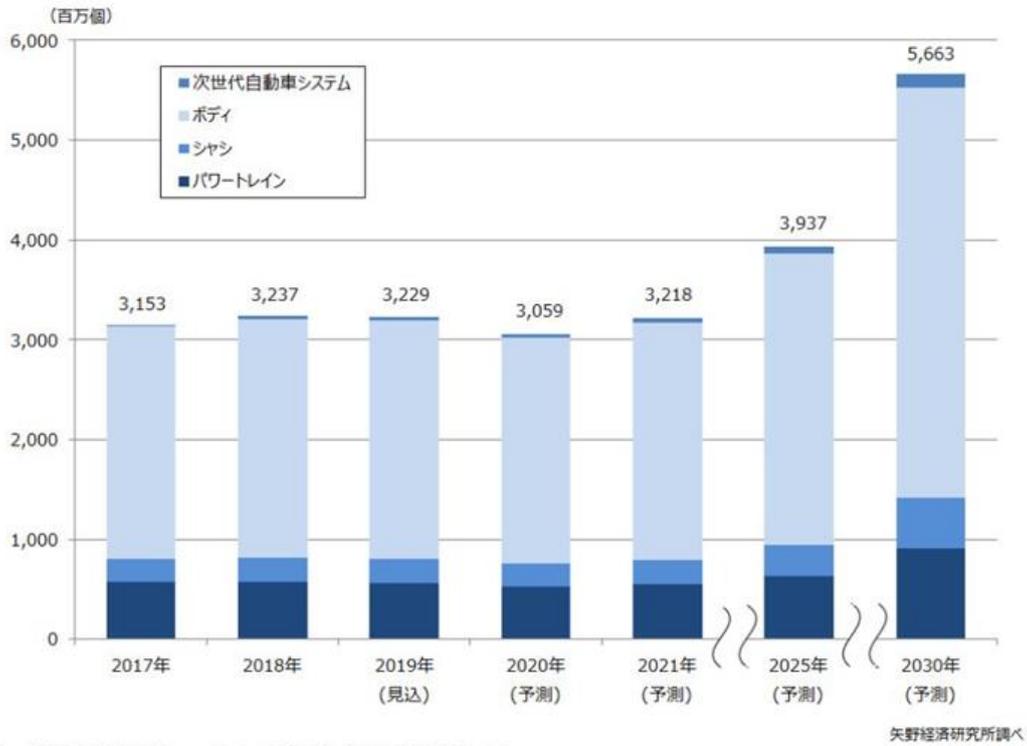
²² 自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクル電気自動車の適正処理・再資源化の取組状況概要」（2018 年 8 月）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/046_03_02.pdf

図 1.3-22 電子・電気部品のマテリアルフロー



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

図 1.3-23 車載モーターのシステム領域別世界市場予測



注1. 乗用車および車両重量3.5 t以下の小型商用車における新車販売台数ベース
 注2. 2019年は見込値、2020年以降は予測値
 注3. 次世代自動車 (xEV) とは、電動機によって駆動、もしくは動力源とする車両とし、具体的にはストロングハイブリッド (HEV)、プラグインハイブリッド (PHEV)、電気自動車 (EV)、燃料電池車 (FCV) を対象とする。

出典) 矢野経済研究所

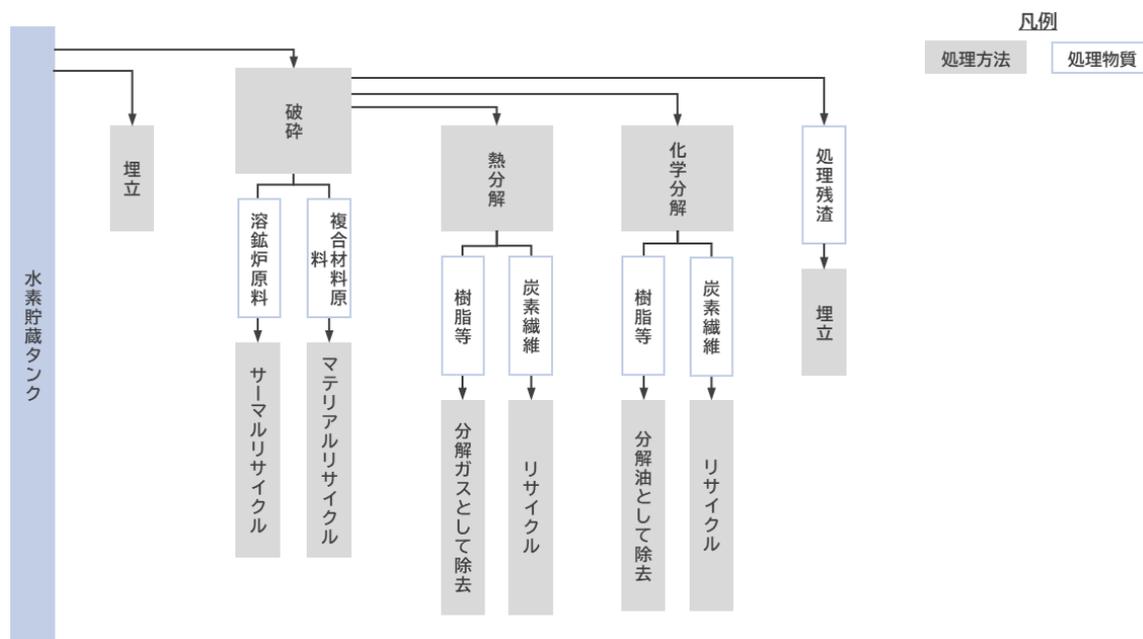
● 水素貯蔵タンク

燃料電池車に使用される水素貯蔵タンク (CFRP を含む) は、2030 年以降の本格的な燃料電池の普及拡大に伴い排出量が増大すると考えられる。また、CFRP の世界市場は 2035 年時点で約 3.9 兆円規模と、2019 年度時点と比較し 2.6 倍となる見込みである。

前項までの調査結果を基に作成した水素貯蔵タンクのマテリアルフローを図 1.3-24 に示す。

水素貯蔵タンクは埋立されるか、破碎後にサーマルリサイクル・マテリアルリサイクルもしくは熱分解・化学分解後に炭素繊維をリサイクルしている。しかしながら、経済採算性の観点から、現在はマテリアルリサイクル・熱分解・化学分解は積極的に実施されていない。

図 1.3-24 水素貯蔵タンクのマテリアルフロー



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

各部品に関するリユース・リサイクルの現状と技術の開発状況を以下に記載する。

● 蓄電部品 (LiB)

<リユース・リサイクルの現状>

LiB の正極材にはコバルト・ニッケル・リチウムといったレアメタルが使用されており、それゆえ重量当りの価格が他の部材比で高価である。日本が価格競争力のある次世代自動車を生産していくためにも、これらレアメタルの安定確保が重要課題である急激な車載用 LiB 材料の需要拡大に伴い、長期的に見ればレアメタルの需給逼迫という懸念が顕著になってきている。

車載用 LiB については前項で記載の通り、業界団体及び各企業の取組によって回収されたり、中古部品市場に出回ったりしている。また、不法投棄等も確認されていないことから、適正処理が進んでいると考えられる。

一方で、LiB は貴重なレアメタルを含んでいるものの、その絶対量が少ないために再資源化が経済的に困難である。そのため、多くは焼却しスラグ化され路盤材等に利用されている。

<リユース・リサイクル技術開発の状況>

効率的なレアメタル回収工程の研究開発については、非鉄金属業界を挙げて取組が進められている。国内銅資源・製錬最大手の住友金属鉱山は、まず乾式製錬工程によりコバルト・ニッケルを合金として回収し、その後、湿式製錬法により再び LiB 正極材として使用可能

な硫酸ニッケルや、塩化コバルト・硫酸コバルトとして回収するという方法を、2019年4月に開発した。同じく銅資源・製錬大手の三菱マテリア株式会社についても、日本磁力選鉱と協働し、車載用廃LiBからコバルト、ニッケルをLiB正極材にリサイクルするための実証実験を2019年4月から開始している。(図 1.3-25)

前述したJX金属株式会社についても、レアメタルリサイクル技術の高度化に取り組んでおり、硫酸ニッケルや硫酸コバルトといった、LiB正極材として使用可能な硫酸塩で回収するための基礎技術を2019年7月に開発している(図 1.3-26)。²³

図 1.3-25 コバルト・ニッケル精製装置



出典) 三菱マテリア²⁴

図 1.3-26 ベンチスケール設備



出典) JX金属²⁵

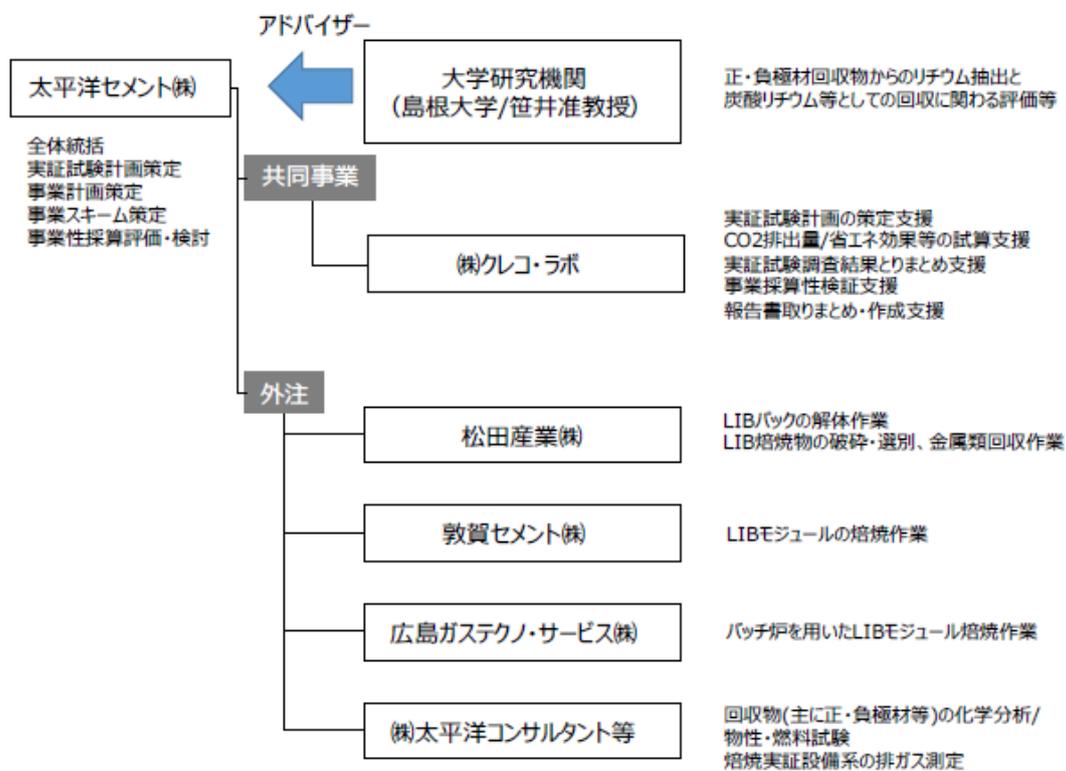
²³ みずほ銀行「8. 車載用LiBリサイクルは日本企業にとってビジネスチャンスになるか」、https://www.mizuhobank.co.jp/corporate/bizinfo/industry/sangyou/pdf/1062_08.pdf

²⁴ 「日本磁力選鉱とコバルト、ニッケル等のリサイクル試験を開始」(2019年4月)、<https://www.mmc.co.jp/corporate/ja/news/press/2019/19-0408.html>

²⁵ 「車載用リチウムイオン電池リサイクルのためのベンチスケール設備の稼働開始について」(2020年2月)、https://www.nmm.jx-group.co.jp/newsrelease/2019/20200207_01.html

中間処理工程においても、コスト低減に向けた各種取組が進められている。松田産業と太平洋セメントは、2016年にセメント製造工程を利用した方法を検討していくことを発表した(図 1.3-27)。中間処理工程においては、従来、廃 LiB 焙焼時における電解液の無害化工程にコストが嵩んでいたが、本フローでは、太平洋セメントの敦賀工場において、セメント製造工程で生じた排ガスを用いて LiB を焙焼し、そこで生じた有毒物質(フッ化水素)を含む排ガスを再度セメント工程に戻して処理することで、省エネルギーかつ排ガス処理コストの低いシステムを実現している(図 1.3-28)。

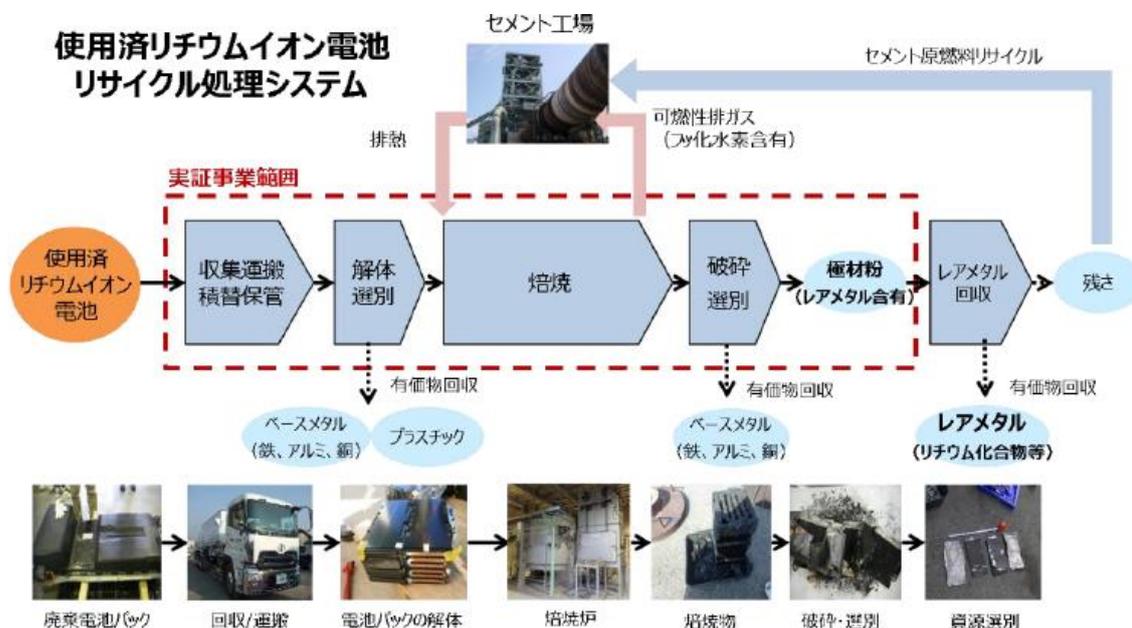
図 1.3-27 太平洋セメント社のリチウムイオン電池処理システム実証実施体制図



出典) 環境省²⁶

²⁶ 「平成30年度省CO₂型リサイクル等設備技術実証事業」、
http://www.env.go.jp/recycle/car/pdfs/h30_report01_mat05.pdf

図 1.3-28 太平洋セメント社のリチウムイオン電池処理システム実証事業概要



出典) 環境省 26

国内資源リサイクル大手の DOWA ホールディングス株式会社は、中間処理工程の高度化に注力しており、廃 LiB を解体・分別せず、そのまま焙焼する工程を採用している。廃 LiB の解体時のコストや感電・発火リスクの低減が目的であると推察される。²³

また、蓄電池は、再生可能エネルギーによる電気の脱炭素化やエネルギーシステムの地産地消等を目的とした需給調整への活用、火力発電運用の合理化、BCP 用途等、多様なツールとして期待されている。現在、自動車メーカーにて余寿命判断を実施し、再利用可能なものは電力システムにおける中古蓄電池として再利用する技術の共同開発が進められている(図 1.3-29)。

図 1.3-29 蓄電池リユースへの取組



出典) JERA²⁷

● 電子・電気部品

＜リユース・リサイクルの現状＞

記載のモーターやコントローラーは、例えばハイブリッド車のトランスミッション等と同時に処理されている。

また、ネオジム磁石に関しては、まだ採算性が合わないため実施されていない。しかしながら、ヒアリングの結果、将来的に事業採算性が取ればリユースする可能性があることを確認した。

＜リユース・リサイクル技術開発の状況＞

上述の通り、ネオジム磁石のリサイクルは採算性が合わないため実施されていない。しかしながら、モーターに使用されているネオジム磁石には、ジスプロシウムが添加されており、供給リスクが高いため、リサイクルが求められている。²⁸

三菱マテリアル社は、磁石回収設備や非鉄金属回収設備を備えた実証設備を用いて、レアアースとベースメタルを高効率・高品位に同時に回収することにより、リサイクル事業が経済的に成り立つリサイクルシステムの構築を目的とした技術を開発した（図 1.3-30, 図 1.3-31）。

²⁷ 「電力システムにおける電動車用リユース電池の利活用について」（2019年12月）、http://www.cev-pc.or.jp/xev_kyougikai/xev_pdf/xev_kyougikai_wg02-1_jera.pdf

²⁸ 産業環境管理協会 資源リサイクル促進センター「使用済み HEV モーター解体装置の開発とネオジム磁石回収事業（アサヒプリテック株式会社）」、<http://www.cjc.or.jp/raremetal/advanced-business-model/asahipretec>

図 1.3-30 実証設備



実証試験設備 全体

7m×20m×高さ8m

自動化・省力化・効率化を検討し、設備を設計製作

➤磁石回収設備

ネオジム磁石を回収するための設備

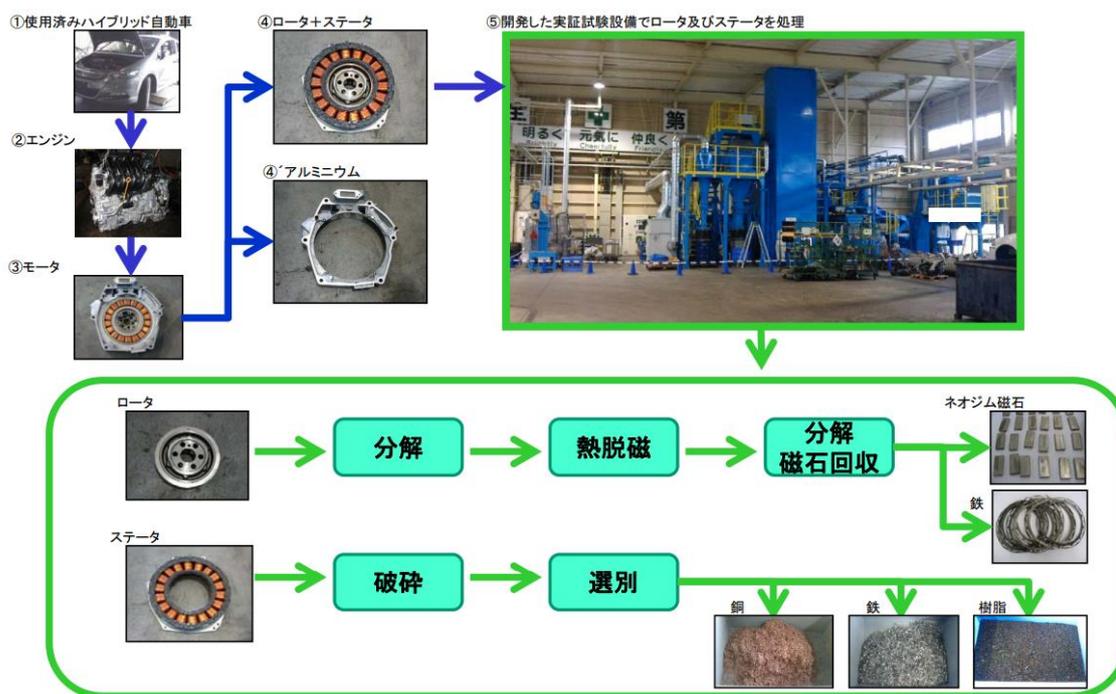
➤非鉄金属回収設備

銅を中心とした非鉄金属を回収するための設備

実証試験設備を用いて、
ネオジム磁石、銅、アルミニウムが
回収できることを実証した。

出典) 三菱マテリアル²⁹

図 1.3-31 リサイクルプロセスフロー



出典) 三菱マテリアル²⁹

²⁹ 三菱マテリアル「使用済み自動車からのネオジム磁石および非鉄金属回収技術開発」(2015年10月)、http://www.cjc.or.jp/commend/pdf/senshinjirei/h27/18_sys_16.pdf

● 水素貯蔵タンク

＜リユース・リサイクルの現状＞

水素貯蔵タンクには炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が用いられている。炭素繊維は製造時にエネルギーを多く消費するが、リサイクルすることにより自動車等のライフサイクルエネルギーを大幅に削減できると期待されている。CFRP から炭素繊維を回収する方法としては、物理的あるいは化学的な手法が数多く提案されている。

また、業界団体へのヒアリングの結果、経済合理性の観点から水素貯蔵タンクのリユース・リサイクルは実施されておらず、焼却・埋立により処理されていることを確認した。

＜リユース・リサイクル技術開発の状況＞

現状、水素貯蔵タンクの処理技術は開発・普及段階であり（図 1.3-32, 図 1.3-33, 図 1.3-34）現状は処理量が少なく、費用がかかるためほとんど埋立・焼却を実施している。しかしながら、技術が開発されれば図 1.3-24 のようになる見込みである。

図 1.3-32 水素貯蔵タンクのサーマルリサイクル技術開発状況①（NEDO 事業）

①タンクのくず化、前処理（プレス）、破碎の検討



- ・車載搭載でタンクのくず化は可能だが、プレス後も形状維持。
- ・プレス塊が大きくなるため、事前の切断・部品外しなどの工夫が必要。
- ・シュレッダー工程では既存設備で対応可能なことを確認。
- ・選別工程でCFRPはASR側に移動するが、非鉄側に微量の混入。

15

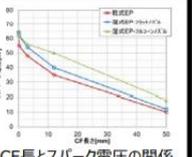
出典) 日本自動車工業会³⁰

³⁰ 「次世代車の適正処理、再資源化の取組み状況」（2016年9月）
http://www.env.go.jp/council/03recycle/y033-44/mat05_2.pdf

図 1.3-33 水素貯蔵タンクのサーマルリサイクル技術開発状況② (NEDO 事業)

②CFRPサーマルリサイクルの検討

【NEDO事業結果】

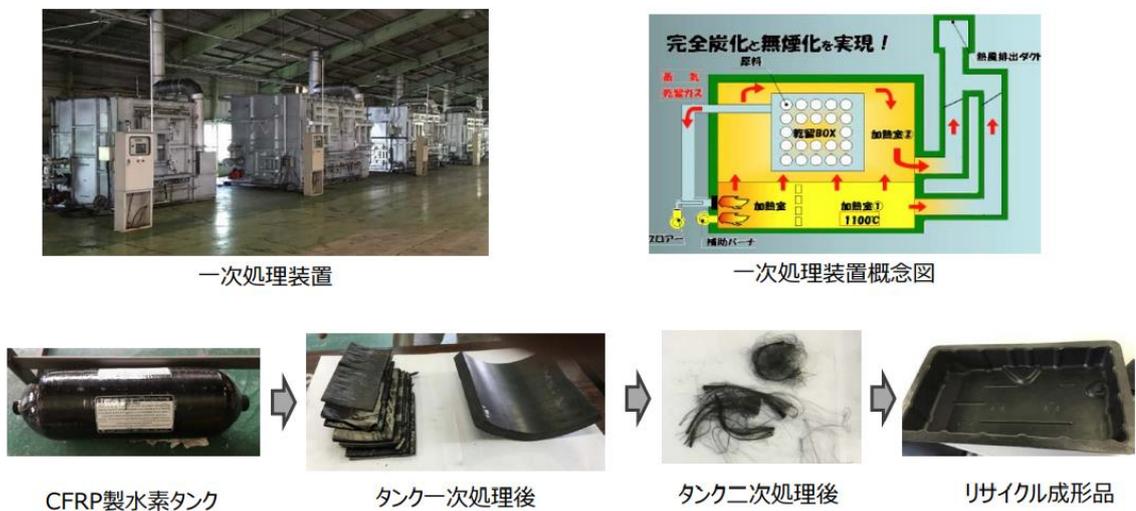
試験設備	シャフト炉	サーモセレクト炉	流動床炉	ロータリーキルン	電気集塵機 (EP)
主な結果	・後工程でCF確認 ・減温塔の篩で詰まり	・後工程でCF確認 ・熱交換器周辺で原因不明のスラッジ詰まり	・後工程でCF確認 ・炉床でクリンカ発生	・後工程でCF確認 ・微粉化による燃焼性の向上を確認	・CFが長いほど印加電圧低下。十分な洗浄ができれば湿式が有効だが、既存設備では困難
イメージ	 スラグへのCF混入	 熱交に付着した汚泥	 炉床で発生したクリンカ	 ダスト内の未燃CF	 CF長とスパーク電圧の関係
今後の課題	・処理可能なCFRP混入比率の確認と運転条件の見極め	・スラッジ詰まりの原因特定	・炉内の酸素濃度と燃焼形態の確認	・前処理工程を用いた燃焼性の検討	・長いCFを捕集するEP前段での事前処理方法の検討

- ・各設備ごとCFRP含有ASRを投入する燃焼試験を実施。
- ・全施設で未燃CFが確認され、CFに起因する課題が発生。
- ・電気集塵機への投入試験でもCFによる印加電圧の低下が確認。

電炉での処理が可能であるが、燃焼/ガス化施設での処理方法の検討を継続して実施する 16

出典) 自動車工業会 30

図 1.3-34 水素貯蔵タンクのマテリアルリサイクル技術開発状況 (NEDO 事業)



- ・CFRPのマテリアルリサイクル技術は確立されている。
- ・処理量が増加すれば国内での事業は成立する見込み。

17

出典) 自動車工業会 30

1.3.2. 課題及び解決方法、今後の可能性

仕組み的課題

- 排出される部品の変化により生じる課題
 - ① 軽量化に伴い、鉄・非鉄金属が用いられていた部品の材料が樹脂に置き換えられると、鉄・非鉄金属の総回収量が低下することが考えられる。さらに、樹脂は色付きで販売されることが多く、特に外装部品であれば再利用しづらくなり、中古部品として流通しにくくなると考えられる。結果、解体業者側の採算悪化が懸念される。
 - ② ガソリン車と比較すると、電気自動車は部品数が大幅に減少するため、消耗部品についても同様に減少する。そのため、電気自動車1台当たりから排出される消耗部品の総量が減少し、解体業者側から流通する総部品量が低下する。結果、解体業者側の採算悪化が懸念される。

- 排出される部品の高度化により生じる課題
 - ① ワイヤハーネスに使用される電線は、導電率に優れた銅電線の使用が一般的だったが、車両軽量化に応えるため、通電性能を銅と同等、かつ重量を半分に抑えたアルミ合金電線の採用が進んでいる。³¹ これまでワイヤハーネス等は銅が主であり高価で売却できていたが、今後アルミ合金が主となれば銅の比率が低下し、販売価格が低下するため、解体業者側の採算悪化が懸念される。
 - ② 現状蓄電部品等に関して再利用するための技術・知識が解体業者側に蓄積されていない。例えば現状、蓄電池の余寿命判断技術は自動車メーカーが研究開発を進めているものの、未だ解体業者で活用する段階に至っていない。蓄電部品は再利用ができない場合は現在のところリサイクルというよりも廃棄物として適正処理する傾向があるため、再利用技術の適用が鍵となっている。

技術的課題

- 排出される部品の変化により生じる課題
 - ① エンジンの代わりにモーターの排出量が増加するが、モーターに使用される銅の分離は技術的に非常に困難であり、有価な金属であるが回収は難しい状況である。そのため、現在は部品から回収せずにシュレッダーにかけることが多い。

³¹ 住友電工「アルミハーネス」(2016年3月)、<https://sei.co.jp/company/sei-world/2016/03/product.html>

- ② 水素貯蔵タンクは主に燃焼して処理している。現在 CFRP を燃やし切るのに時間がかかっているだけでなく、ダストやスラグ内に未燃炭素繊維が残留する等の弊害が生じる³²ため技術開発が必要と考える。
- 排出される部品の高度化により生じる課題
- ① 近年、ボンネットやトランクリッドなどのパネル類、バンパやドアインパクトビームなどのハングオン部品のアルミ化が高級車を中心に進展してきた。また、軽量化及び衝突安全規制強化の両面での対応を目的に、車体骨格に対しては、大衆車を中心に鋼板の高強度化が進展し、高級車・大型車では高強度鋼板に加えてアルミ合金を活用したマルチマテリアル化の流れが始まっている。欧米の高級車の一部では、車体骨格の更なる軽量化のために、高強度鋼板やアルミ合金に加えて、マグネシウム合金や CFRP などの樹脂を採用した車両も実用化され始めている。³³ マルチマテリアル化により発生するダスト（ASR 量）が増加するが、これらの処理に対してサーマルリサイクル量が増えることが考えられる。サーマルリサイクルの実施はリサイクルに含まれるが、CO₂ 排出量削減等を考慮するとマテリアルリサイクル量を増やす・新しい処理技術や有効活用方法を考案する必要があると考える。
- ② 水素貯蔵タンクのサーマルリサイクル技術は実用可能性があると考ええる。一方で、マテリアルリサイクルは課題が多い（量産技術・用途開発等）。

解決方法、今後の可能性

仕組みの課題の解決方法及び今後の可能性として、以下が考えられる。

- ① 電気自動車への移行に伴い、廃棄の際にも排出される部品が変化することで、これまでの処理でガソリン車から回収できていた部品が ASR として回収され、リサイクルコストが増加する可能性がある。上記を解決するために、我が国における中古パーツの部品取りやリユース技術の促進や、ASR の選別技術のさらなる高度化が必要であると考えられる。
- ② 電気自動車への移行に伴い、廃棄の際にも排出される部品が変化することで、これまでの燃料自動車は 2030 年までに 2018 年度比で 89.8 倍の市場に成長することが予想されており、今後水素貯蔵タンクの排出量も急増することが考えられる。CO₂ 排出量削減に寄与する適正処理を実施するため、燃料自動車の普及状況に合わせ現在確立されているマテリアルリサイクル技術の展開を促進する必要があると考えられる。積極

³² 産業技術総合研究所「炭素繊維強化プラスチック（CFRP）のリサイクルの現状と課題」、https://www.jstage.jst.go.jp/article/mcwmr/29/2/29_133/_pdf/-char/en

³³ 神戸製鋼「自動車車体のマルチマテリアル化とそれを支える異材接合技術」（2019年7月）、https://www.kobelco.co.jp/technology-review/pdf/69_1/060-064.pdf

的な水素貯蔵タンクのマテリアルリサイクルを促進するために、既に自動車リサイクルシステムにて、リユースの判断基準に関する情報が公開されている。³⁴

更なる促進のため、自動車メーカー等が有する水素貯蔵タンクの分別・破碎技術等をどれだけ公開・共有しているか等、解体事業者側のリユースを促す取組の実施状況に応じてインセンティブを設ける必要もあるのではないかと考えられる。

- ③ 蓄電部品等のリサイクルを推進するため、効率のよいリユース実施可否判別実施に向けたメーカー・ディーラーからの協力が必要と考えられる。今後、事前にメーカーから再利用に必要な情報、例えば適切な解体方法、再利用可能かどうかの判別方法、再利用先として適切な製品やこれにむけたリユース部品の適用方法、といった情報の提供を行う、メーカー・ディーラー主導またはこれらの協力を受けて開発されたリユースのための開発技術を利用可能とすることを前提とした体制を構築することも一案である。さもなければ蓄電部品やセンサー量の排出量増加に伴い解体業者の収益が低下し、リユースが十分に行われなくなる可能性がある。なお、蓄電部品に関しては、現在のマテリアルリサイクル技術を高度化し、より効率よく希少金属を取り出す技術も求められている。

技術的課題の解決方法及び今後の可能性として、以下が考えられる。

- ① マルチマテリアル化の進んだ **ASR** ではサーマルリサイクル・埋立が増加すると考えられ、水素貯蔵タンクでは焼却・埋立が主な処理方法である。CO₂ 排出量削減のためにもマテリアルリサイクル等の技術開発を促進し、脱炭素社会に向けた取組を進める必要があると考えられる。そのために、他技術開発に用いられている補助金等と同様に、経済面で支援することで処理に係る事業者の技術開発が促進されると考えられる。
- ② また、経済的な支援の他に、技術的な支援を実施することでも上記研究開発は進むと考えられる。CO₂ 排出量削減に資する技術を開発する意欲のあるものの、研究・開発に関する技術を必要とする処理事業者に対し、大学や研究機関とのマッチングを促進させることでも研究・開発が進むと考えられる。

³⁴ 「自動車リサイクルシステム」、<http://www.jars.gr.jp/jgs/exjg0050.html?date=1616037528249>

1.4. 家庭用定置型蓄電池

1.4.1. 現状

製品概要と市場

- 家庭用定置型蓄電池の普及に関する動向

家庭用定置型蓄電池は米国や一部のアジアなど、系統インフラが不安定な地域における、鉛電池を用いた非常用電源用途が市場の大半を占めていた。近年ではドイツ、イタリア、英国、豪州、米国の一部において、家庭向け電気料金の高騰、FIT 買取価格の下落、補助制度の整備もあり PV 電力の自家消費用途でサイクル性能に優れたリチウムイオン電池の採用が進んでいる（2017年実績：鉛電池 203 億円、リチウムイオン電池 413 億円）。今後も PV 電力の自家消費トレンドの拡大を背景に、市場は拡大していくとみられる（2030年予測：リチウムイオン電池 2,453 億円）（図 1.4-1～図 1.4-3）。³⁵

なお、事前調査およびヒアリング結果から、現在国内で出回っている家庭用定置型蓄電池は、リチウムイオン電池と鉛電池の2種であることを確認した。

図 1.4-1 電力貯蔵システム向け二次電池の世界市場



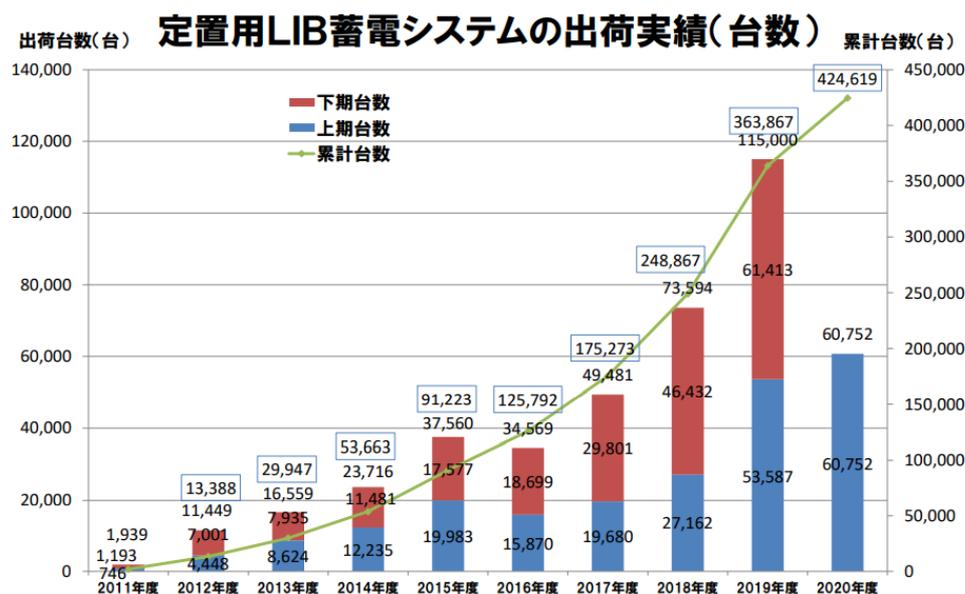
出典) 富士経済³⁵

日本は、2011年の東日本大震災後に市場が形成された。2016年は住宅用蓄電システムを主対象とした国の購入補助制度の廃止により需要が低迷したが、2017年はシステムメーカーが効率的な販売ノウハウを構築し、それらが販売店に一層浸透したことや、ユーザーニーズに沿ったシステム開発が進められたことで市場が拡大した。（図 1.4-2, 図 1.4-3）³⁵

³⁵ 富士経済「分野・製品別に二次電池世界市場を調査」（2018年5月）、https://www.fuji-keizai.co.jp/press/detail.html?cid=18044&view_type=1

また、「蓄電池戦略（2012年度）」「二次電池技術開発ロードマップ（2013年度）」「目標価格の設定（2016年度）」「第5次エネルギー基本計画（2018年度）」等で蓄電池に関し整理・言及したことも市場拡大の要因の一つである³⁶。

図 1.4-2 定置用蓄電システムの出荷実績（台数）

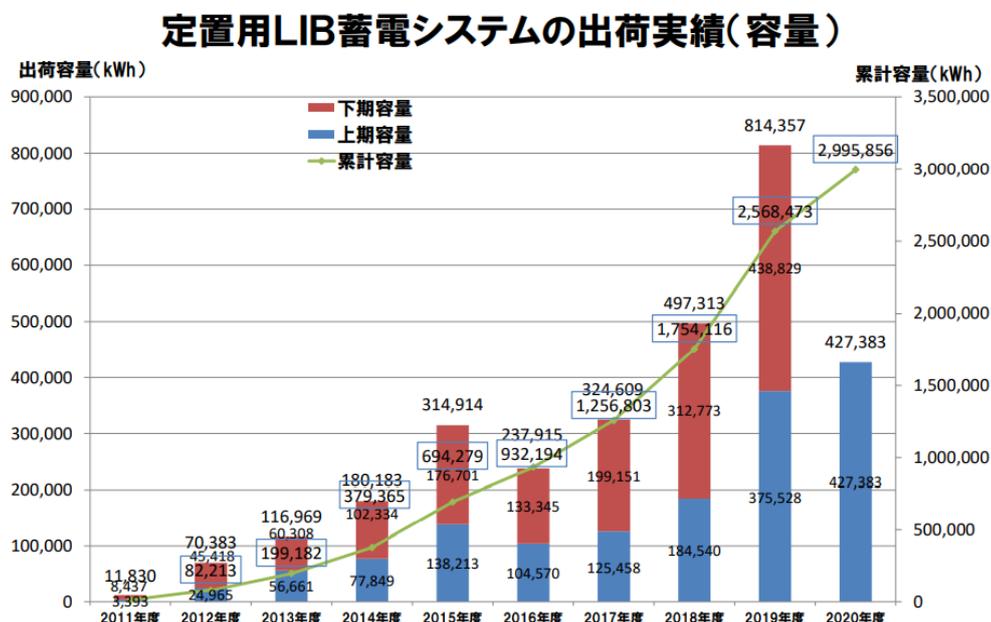


出典) JEMA³⁷

³⁶ 「蓄電システムをめぐる現状認識」（2020年11月）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/001_05_00.pdf

³⁷ 「JEMA 蓄電システム自主統計 2020年度上期結果」（2020年12月）、
https://jema-net.or.jp/Japanese/data/jisyu/pdf/libsystem_2020kamiki.pdf

図 1.4-3 定置用蓄電システムの出荷実績（容量）



出典) JEMA³⁷

● 蓄電池の寿命と家庭用定置型蓄電池排出量の増加

定置用リチウムイオン蓄電システムは、2012年3月30日より受付が始まった「平成23年度定置用リチウムイオン蓄電池導入促進対策事業費補助金」とともに本格普及が始まったと言えるため、使用済みの蓄電システムは、補助金の処分制限期間（6年）を背景として、2018年以降から廃棄要請が出始め、発売から10年を過ぎた2022年以降に発生量が徐々に増加し、2030年頃までに急増するものと見込まれている。³⁸

この補助金は補助対象の要件として、「使用済み蓄電池システムの廃棄方法について、所定の表示がなされていること」が定められており、現在蓄電システムメーカーは、この要件に沿って個社対応をしているところである。現在、定置用リチウムイオン蓄電システムは、廃棄回収方法について定める法規制（例：使用済品の回収をメーカーに義務付ける「資源の有効な利用の促進に関する法律」等）の対象外であり、各社での対応並びに業界での回収スキーム検討は自主取組として行われているが、今後の大量廃棄時代を見据え、業界として共同の回収スキーム構築も検討している。³⁸ また、家庭用定置型蓄電池の設置・取り外しには電気工事を伴うため、基本的に産業廃棄物として排出される。

³⁸ JEMA「JEMA蓄電システムビジョン Ver.5」（2020年3月）、
[https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216\(20200313\).pdf](https://www.jema-net.or.jp/jema/data/S7216(20200313).pdf)

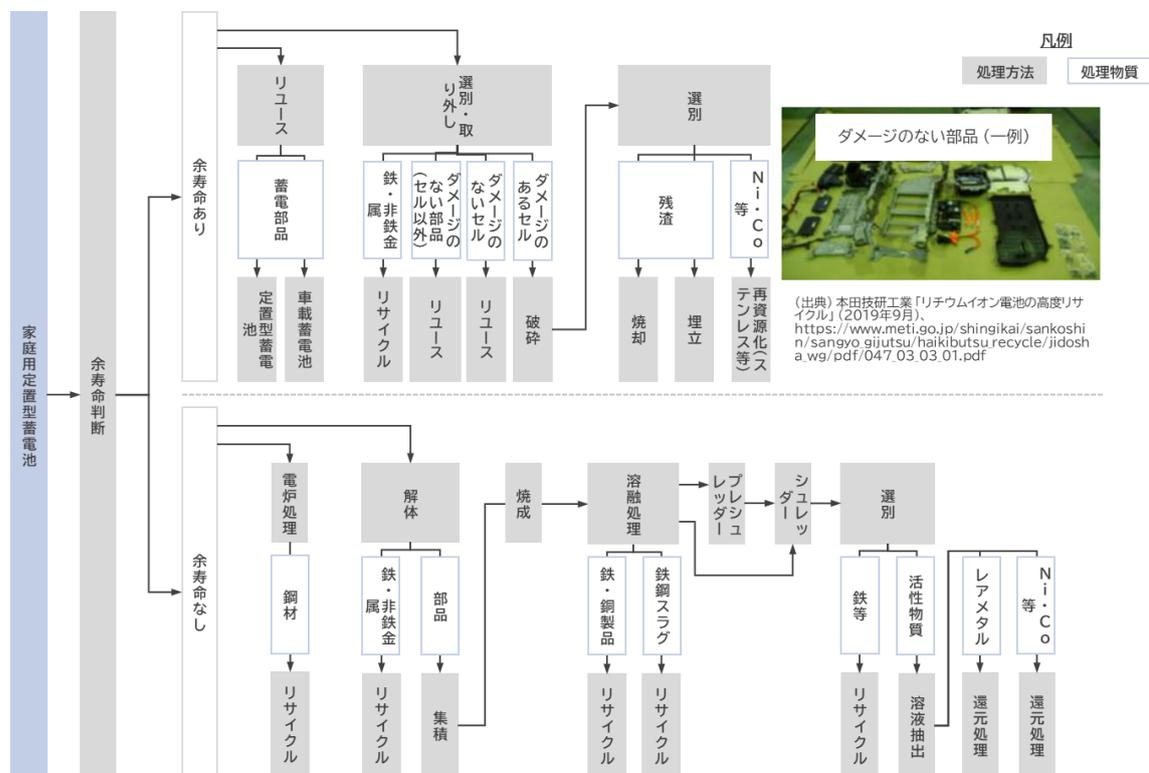
マテリアルフローとリサイクル・リユースの現状

前項までの調査結果を基に、想定される家庭用定置型蓄電池のマテリアルフローを図 1.4-4 に記載する。

家庭用定置型蓄電池は普及から 10 年程度であり、蓄電池の寿命が 10～15 年程度であるため未だ排出量は非常に少なく、現在の排出量は年間で 1,000 台程度である。また、廃棄に至る要因は、水害による水没等、製品寿命以外によるものである。各メーカーの製品保証で対応しているため、メーカーは排出状況を把握することができている。また、ヒアリングの結果、現在処理にかかるコストは、運搬距離に依存するものの、解体作業にかかる費用が主であることを確認した。

年間排出量が少ないため、現在はメーカーごとに広域認定を取得し回収しているが、将来的には排出量増加による回収コスト増加が懸念されている。そのため、日本電機工業会（JEMA）は共同回収スキームの検討を進めている。現在の検討結果を表 1.4-1 に記載する。

図 1.4-4 家庭用定置型蓄電池 (LiB) のマテリアルフロー



出典) エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

表 1.4-1 共同スキームに関する検討結果

項目	方針
1	費用対効果から、現時点で共同スキームの団体設立は延期する。
2	共同スキーム参加予定企業は、広域認定を全社取得済み。(自社で広域認定取得等を用いて責任を持って順法対応する)
3	共同スキームは 2023 年以降を目途に、実際の廃棄台数の状況を確認しながら運営団体設立を検討する。
4	排出者、排出事業者や回収リサイクルに携わる関係者に本製品は安全・適正にリサイクルする必要がある、必ずメーカーに連絡いただくこと等の啓発活動を行う。

出所) ヒアリング結果をもとにエヌ・ティ・ティ・データ経営研究所作成

共同の回収スキームを構築することのメリットとして、運送費や処理費用等の低減の可能性があると回収スキームの存在をユーザーや処理業者等、社会全体に示すことにより、使用済品の処理に対する不安・懸念が払拭され、蓄電システム普及の後押しも期待される。 38

共同の回収スキームの効率的な団体運営を行うためには、廃棄台数の推移を見ながら団体の最適な設立タイミングでの投資判断が必要であり、業界団体としての廃棄台数の集計運用を開始している。また、機器の取扱いや適正な処理の観点から啓発活動を行い、使用后蓄電システムの退蔵や不法投棄など不適切な処理による安全上・環境上の懸念を生じさせないようにする点も重要と考える。³⁸

今後、海外メーカー製の蓄電システムが日本市場に多数参入するものと想定されるが、国内メーカーと同等の適正な廃棄処理の体制づくり、安全性確保が必要となると考えられる。

38

<リユース・リサイクルの現状>

事業者へのヒアリングの結果、一部企業では家庭用定置型蓄電池について、他蓄電池と同様に Co や Ni を回収し、ステンレスへリサイクルする取組を実施している。事業者へのヒアリングの結果、電圧が高いため、感電や漏電への対策に気を付けながら取り組んでいるものの、構造的には複雑ではないため、解体・処理において大きな課題は生じていないことを確認した。

また、家庭用定置型蓄電池は電気自動車の車載蓄電池と異なり性能が低く、また充電・放電も電気自動車のものよりも多く実施することになる。そのため、製品寿命を迎えた家庭用定置型蓄電池は、廃棄することとなるため（使い切りとなるため）、リユースは現実的ではない。（一方で、車載蓄電池については家庭用定置型蓄電池へリユースを行っている（図 1.4-5））。

図 1.4-5 車載蓄電池のリユース



出典) フォーアールエナジー³⁹

1.4.2. 課題及び解決方法、今後の可能性

仕組みの課題

- ① 個社で対応する場合、大型の家庭用定置型蓄電池を解体する際の安全性の確保やバッテリーを回収するにあたって、工数が増加し、コストが増加する等が課題となっている。
- ② 家庭用定置型蓄電池を処理できる業者は限られている。業者が少ないために各都道府県を跨いだ回収・処理が必要となるため、運搬コストが増加する。
- ③ 家庭用定置型蓄電池事業を撤退したメーカーもあり、それらメーカー製の家庭用定置型蓄電池をどのように処理するか、海外メーカーが参入後撤退した場合にどのように対応するかはまだ決まっていない状態である。家庭用定置型蓄電池の販売に当たり、廃棄まで手掛けるもしくは分担する制度を構築する必要がある。

³⁹ 「ビジョン」、<https://www.4r-energy.com/company/about/>

技術的課題

- ① 排出される家庭用定置型蓄電池の処理自体に課題はないものの、現在流通している家庭用定置型蓄電池自体が使い切りを前提に設計されているため、その後リユースすることができない状態である。
- ② リユースを考慮した設計となった場合も、家庭用定置型は未だ普及段階にあるため、余寿命判断等の技術は未だ開発途上であり、リユースの実施は難しい。

解決方法、今後の可能性

仕組みの課題の解決方法及び今後の可能性として、以下が考えられる。

- ① ヒアリングの結果、JEMA が共同回収スキームの構築を検討していることを確認した。国内の大手家庭用定置型蓄電池メーカーが本スキームへ合流している。本共同スキームは費用対効果の面で運用開始していないものの、今後排出量が増加し、更に個社での対応が困難となる 2023 年以降を目途に運用開始するため、安全性や精錬時の高コストに関する課題は解決すると考えられる。
- ② また、上記共同スキームへ合流した各メーカーは広域認定を取得している。そのため、日本全国から廃棄物を回収するためには、市町村から許可を受ける必要があるが、国（環境大臣）の認定だけで回収が可能となる。本共同スキームにより運搬コストに関する課題は解決すると考えられる。
- ③ 蓄電事業を撤退したメーカーの蓄電池の適正処理に関しては、例えば家電リサイクル法で定められているように、事業継承する企業があればその企業への処理を依頼し、事業継承する企業が存在しなければ指定法人（家電リサイクル法では一般財団法人家電製品協会）が適正処理する等⁴⁰、既存の制度を参考に制度構築する必要があると考えられる。

技術的課題の解決方法及び今後の可能性として、以下が考えられる。

- ① 家庭用定置型蓄電池は使い切りを前提とした設計となっている。使い切りでなくリユース可能となるような高性能な家庭用定置型蓄電池を開発することができれば、家庭用定置型蓄電池のリユースに関する取組が進むと考えられる。他技術開発に用いられている補助金等と同様に、経済面で支援することで高性能な家庭用定置型蓄電池に関する研究開発が進むことが考えられるため、メーカーを誘導するような制度設計が必要であるとする。また、余寿命判断等のリユースに資する技術についても、上記の経済的な支援を行うことで、研究・開発が進むと考えられる。

⁴⁰ 経済産業省「家電リサイクル法」（2019年）、
https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/kaden_recycle/shiryousyu/guidebook2019_a4douplexprint.pdf

- ② また、経済的な支援の他に、技術的な支援を実施することでも上記研究開発は進むと考えられる。リユース可能な家庭用定置型蓄電池等を開発する意欲のあるものの、研究・開発に関する技術を必要とするメーカーに対し、大学や研究機関とのマッチングを実施することでも研究・開発が進むと考えられる。
- ③ 車載蓄電池は前項で記載の通り、リユースに向けた各種取組が進んでいる。また、電気自動車はその用途から充放電の回数が家庭用定置型蓄電池よりも少なく、自動車の製品寿命が15年である。そのため、高性能な車載蓄電池を使い切る前に自動車を適正処理するケースが多く、高性能な車載蓄電池の使い切りは困難であるため、車載蓄電池をリユースすることが可能であると考えられる。

一方で、家庭用定置型蓄電池はその用途からリユースが困難であり、リユース可能な家庭用定置型蓄電池が市場に出回る数は、現状非常に少ないと考えられる。家庭用定置型蓄電池をリユースするのではなく、車載蓄電池を家庭用定置型蓄電池にリユースする取組を検討していく必要があると考えられる。（例えば、経済産業省は「災害時に活用可能な家庭用蓄電システム導入促進事業費補助金⁴¹」を用いて家庭用定置型蓄電池の普及を促進しているが、別途リユース品の導入に関しては補助額を増額する等）

⁴¹ 経済産業省「平成31年度「災害時に活用可能な家庭用蓄電システム導入促進事業費補助金」に係る補助事業者（執行団体）の公募について」（2019年）、
https://www.enecho.meti.go.jp/appli/public_offer/1901/190130c/

1.5. データセンター関連

本章では、通信量増加に伴い市場の拡大が見込まれるデータセンター関連の製品について、種類、市場動向、構造・素材などの基礎情報を調査・整理する。

1.5.1. 現状

製品の概要

データセンターにはサーバーやストレージ等の多様な機器が設置されている（図 1.5-1）。

図 1.5-1 データセンターに設置されている機器の分類

機器分類
サーバー
ストレージ
ルーター
システムラック
スイッチ
無停電電源装置（UPS）
空調機器
電源タップ（PDU）
サーバー給電用分電盤（PDP）
発電機

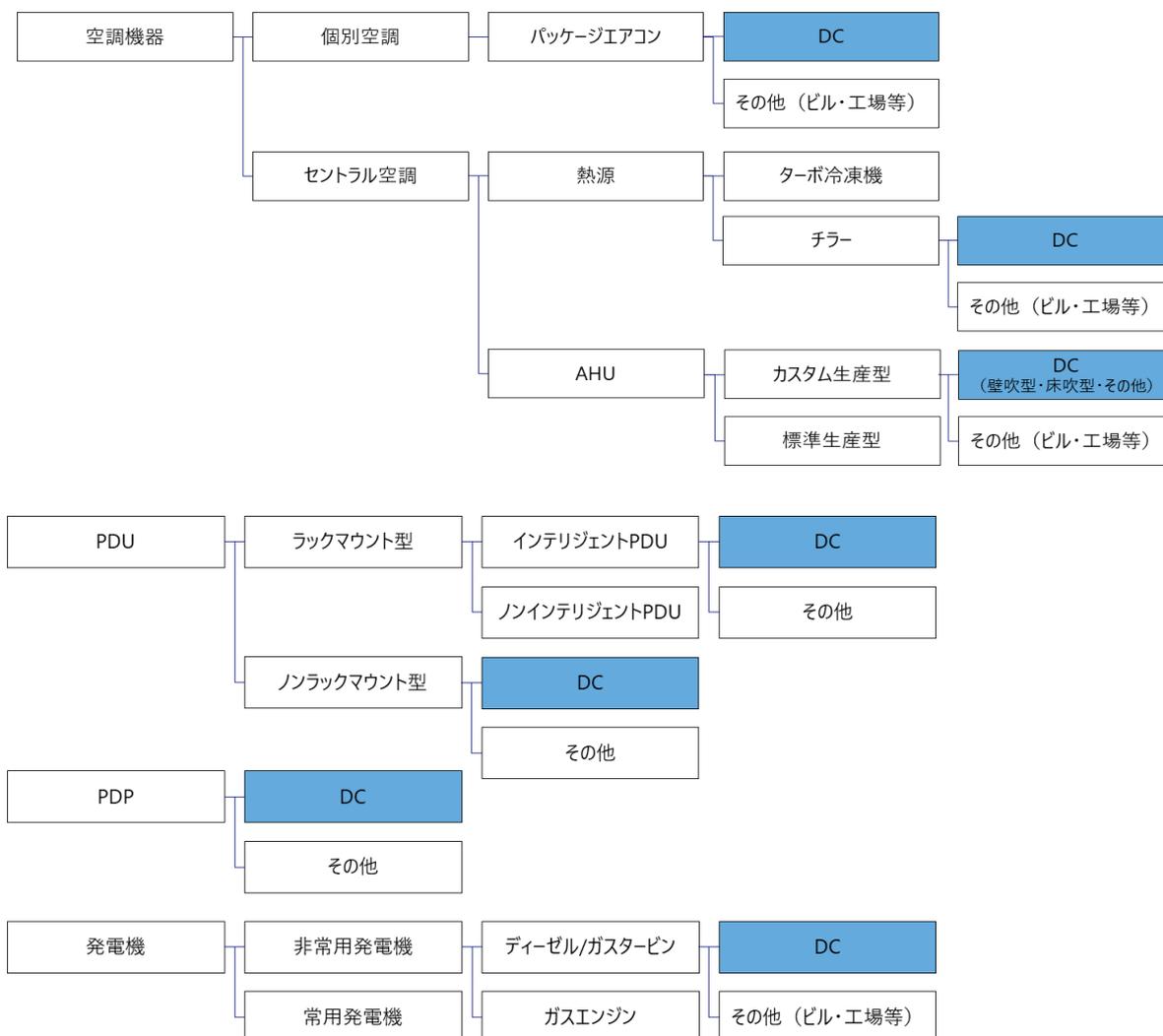
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

サーバー等の機器については一般向けにも類似の製品が提供されているが、データセンター向け製品は要求される性能が高いこともあり、データセンター向けに開発された機器が使用されていることが多い。また、高性能な機器が多数必要となるハイパースケールデータセンター等では、専用に開発された機器を用いていることもある。

それぞれの機器についての詳細な分類は図 1.5-2 の通りであるが、本報告書では主にデータセンター向けの製品について記載する。

図 1.5-2 データセンターに設置されている機器の分類と、
データセンター設置機器の位置付け



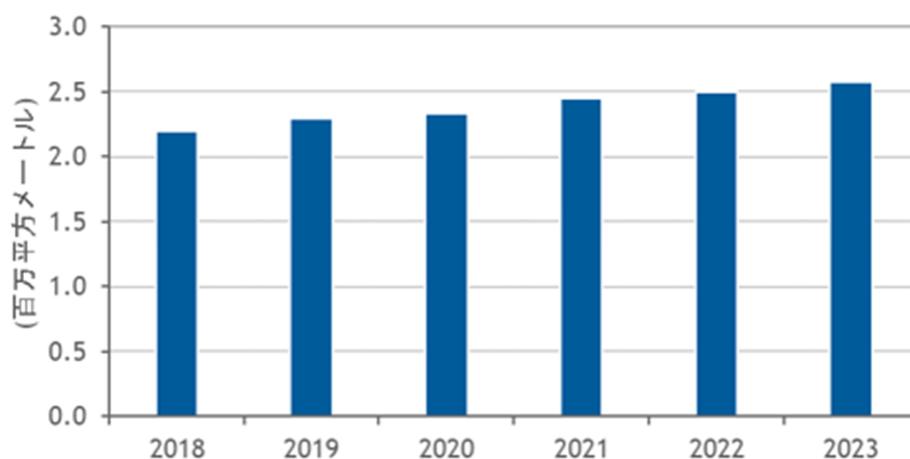


出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より

製品市場

国内のデータセンター市場は増加しており、2018年から2023年において、約3.3%の年間平均成長率で延床面積が増加すると予測されている（図 1.5-3）。機器によっては市場の傾向について違いはあるものの、データセンター需要の増加に伴い需要が拡大している製品が多い。

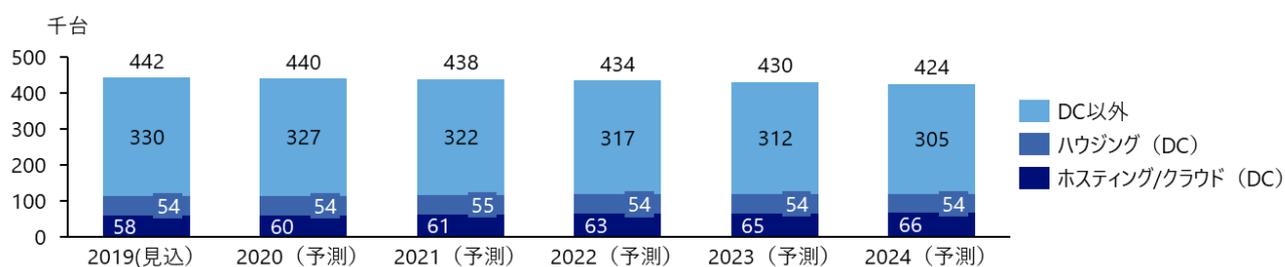
図 1.5-3 国内事業者データセンターの延床面積予測



注) 2018年の数値は実績値

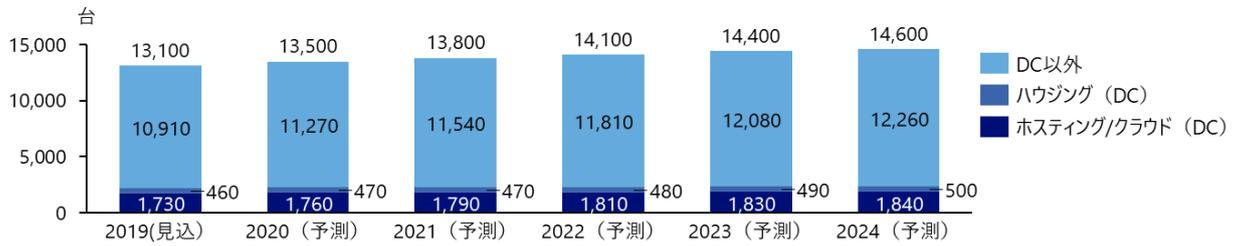
出典) IDC JAPAN HP

図 1.5-4 サーバーの市場



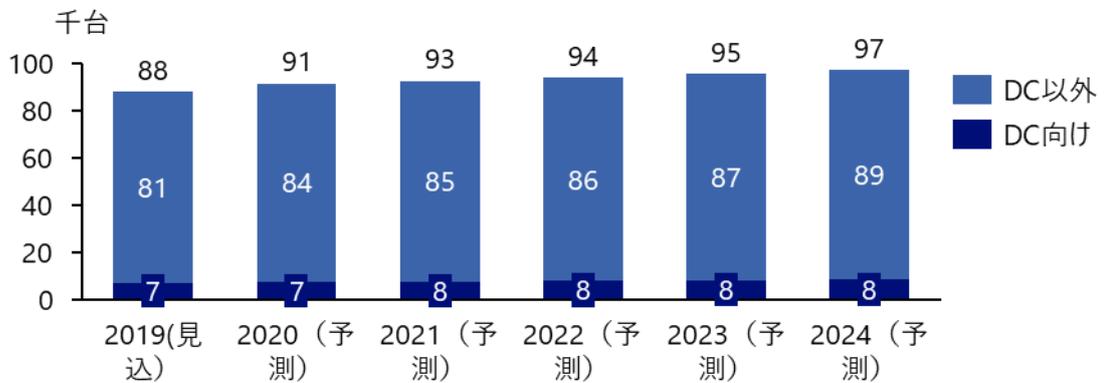
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI作成

図 1.5-5 ストレージの市場



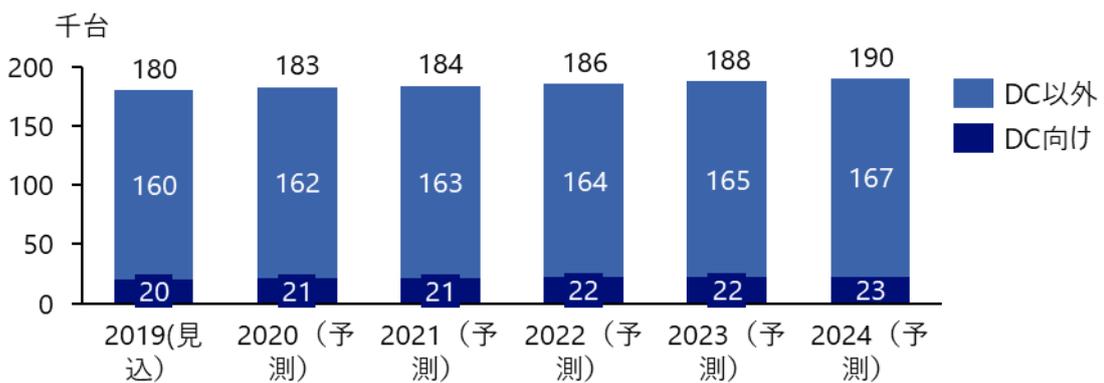
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-6 ルーターの市場



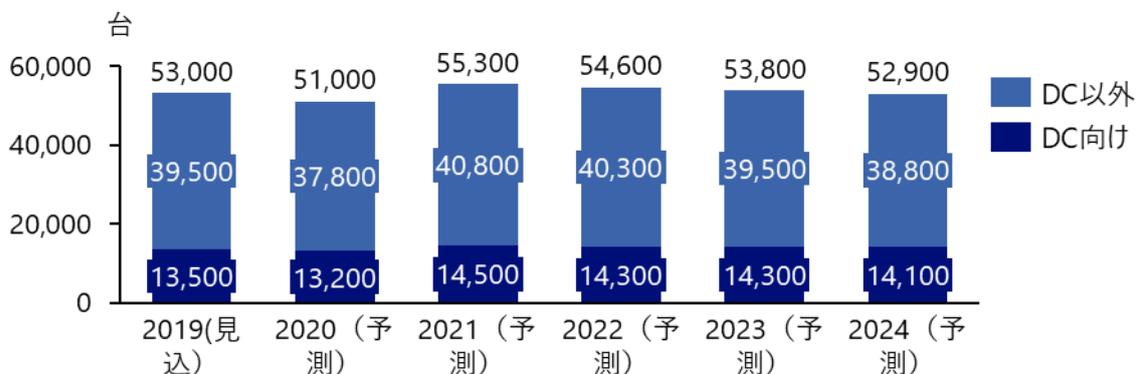
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-7 スイッチの市場



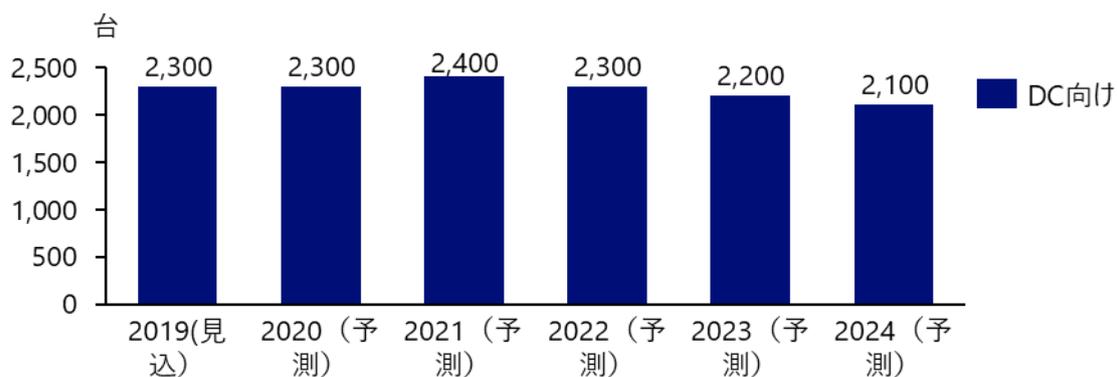
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-8 サーバーラックの市場



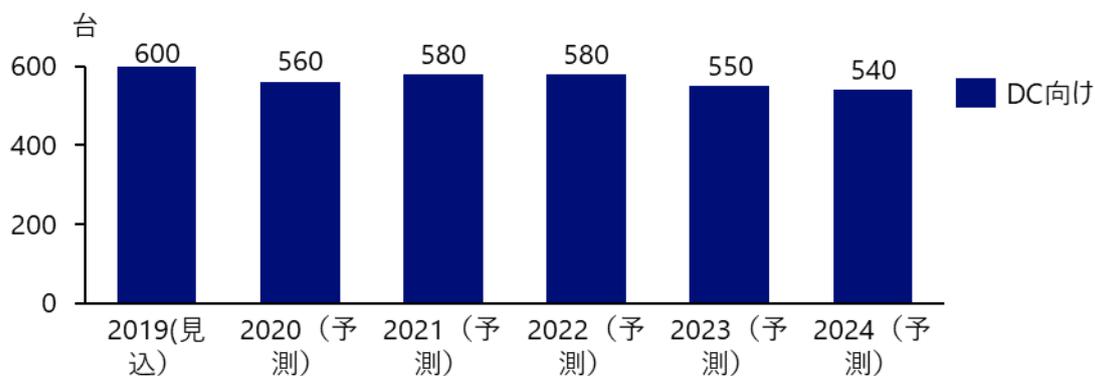
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI作成

図 1.5-9 パッケージエアコンの市場



出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI作成

図 1.5-10 チラーの市場



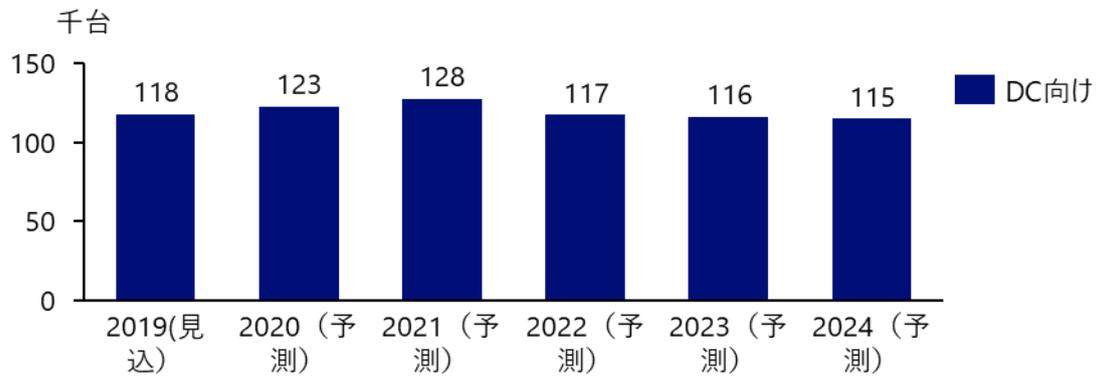
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI作成

図 1.5-11 AHU の市場



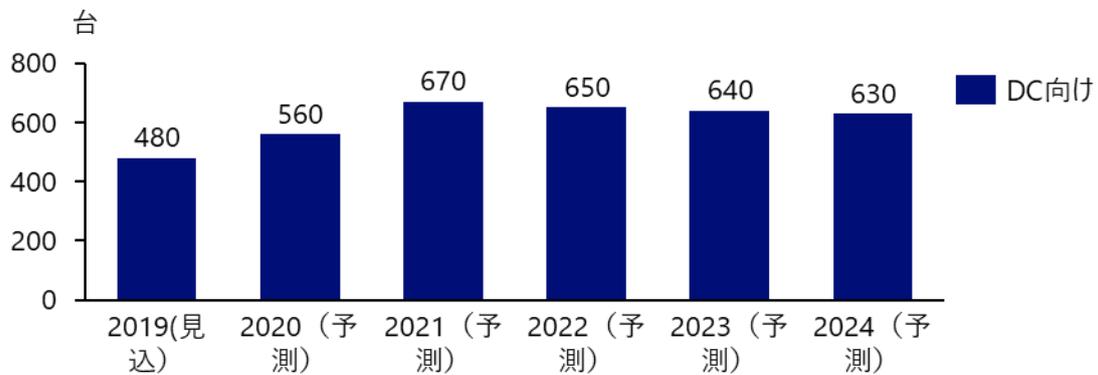
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-12 UPS の市場



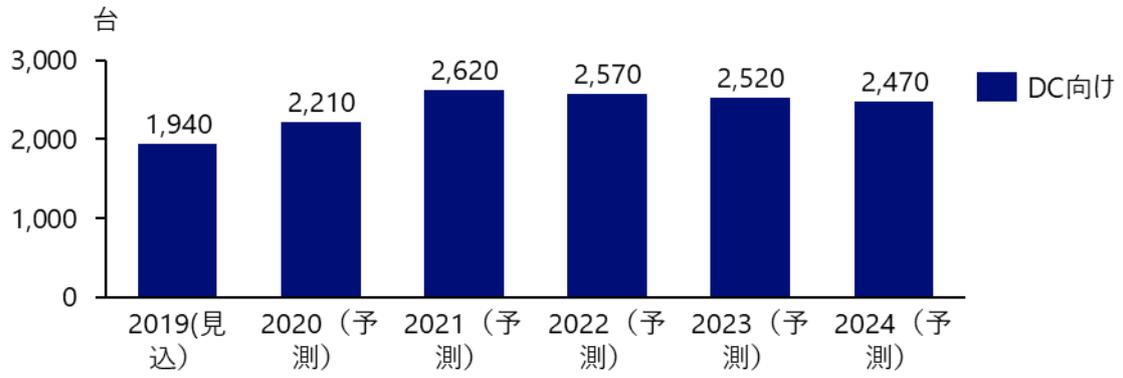
出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-13 ノンラックマウント PDU の市場



出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

図 1.5-14 PDP の市場



出所) 富士キメラ総研 データセンタービジネス総覧 2020年版より NRI 作成

製品によって、傾向に多少の違いはあるものの、全ての製品において、今後大きな変化が起こるとは予測されていない。データセンター内に設置されている製品は7年程度で更新されると言われているため、今後も継続して使用済み製品の排出が見込まれる。

製品構造

データセンターに設置されるサーバー等の機器については、フレーム等としてベースメタルが使用されている他、基盤等を中心にレアメタルも使用されている。情報機器リユース・リサイクル協会の集計によると、改修した情報機器から、貴金属（金や銀）及びレアメタル（クロム、コバルト、ニッケル等）が再資源化されている。

図 1.5-15 情報機器再資源化時の内訳（平成 28 年度）

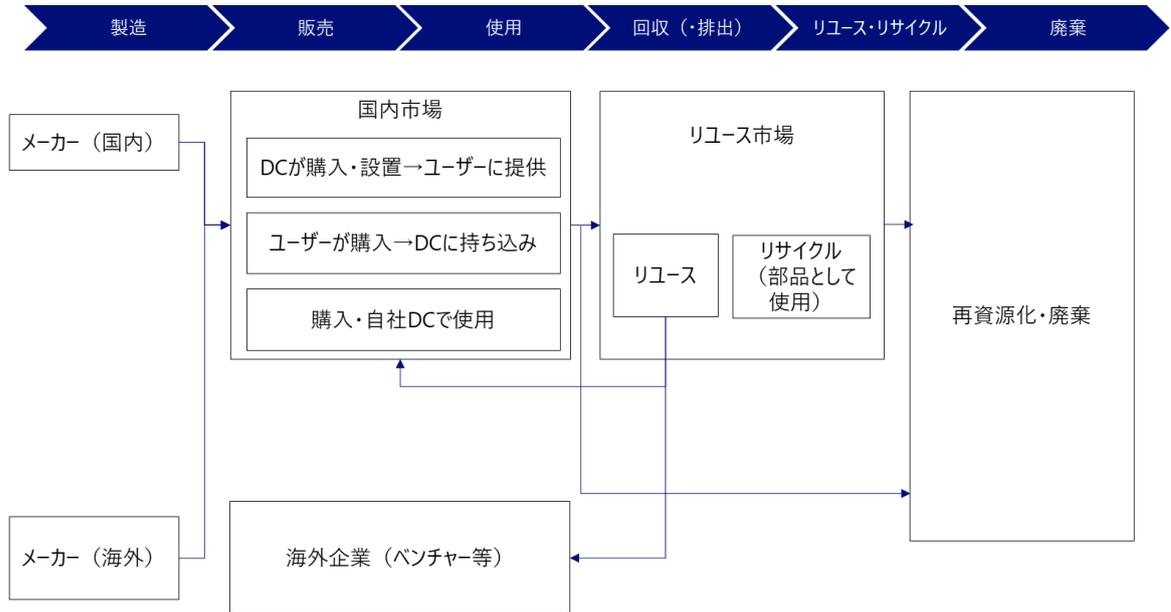
再利用部品			資源再利用量（トン）	重量別比率
材料（成分） として再資源化	ベースメタル	鉄	4,216.58	59.0%
		銅	162.75	2.3%
		アルミニウム	267.60	3.7%
		小計	4,646.93	65.0%
	貴金属	金	0.32	0.004%
		銀	1.59	0.022%
		小計	1.91	0.026%
	レアメタル	クロム	2.89	0.040%
		コバルト	0.12	0.002%
		ニッケル	1.72	0.024%
		パラジウム	0.08	0.001%
		小計	4.81	0.067%
	その他	プラスチック	1,956.14	27.4%
		ガラス	163.68	2.3%
		小計	2,119.82	29.6%
材料（成分）合計			6,773.47	94.7%

出所) 情報機器リユース・リサイクル協会 年次報告書より NRI 作成

マテリアルフローとリサイクル・リユースの現状

データセンター関連製品がデータセンターで使用される際には、データセンター運営企業が購入設置した機器を自社で利用したり、機器を利用したサービスをユーザー企業に提供したりする形態と、データセンター運営企業は設置場所や電力・通信環境等のインフラを提供し、ユーザー企業が自社が購入した機器を設置する形態がある。

図 1.5-16 データセンター関連製品のマテリアルフロー

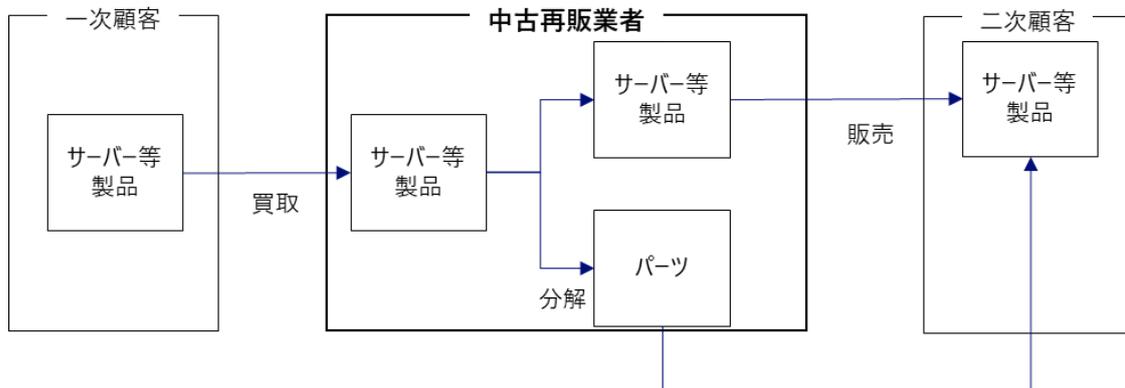


出所) ヒアリング・公開情報等より NRI 作成

データセンター関連製品のリサイクル・リユースについては、破碎され再資源化され成分として再利用されるケース以外に、中古再販業者が買取・再販を行うケースが存在している。中古再販業者は製品の買取再販事業と併せて延長保守事業を行っていることが多い（図 1.5-17）。延長保守事業とはメーカーの保守期間が終了した製品について、メーカーに変わって修理等の保守サービスを提供する事業である。従って、中古再販業者は買取を行った製品のうち、そのまま製品リユースすることが可能な製品についてはデータセンターや一般企業に再販し、製品リユースが難しい製品については部品に解体した上で、再販した製品や、延長保守事業での修理に使用している。正確な取引量については不明であるが、中古再販企業へのヒアリングによると、現在の中古再販製品の割合は低く、ほとんどが解体破碎されている。

図 1.5-17 中古再販企業の例

企業名	延長保守	本体販売
データライブ株式会社	○	○
株式会社ゲットイット	○	○
株式会社TCE	○	○
アプライドテクノロジー株式会社	○	○
プレイブコンピュータ株式会社	○	-



出所) 各種公開情報等より NRI 作成

中古再販業者へのヒアリングによると、中古再販業者の販路としては国内企業のみならず、米国やイスラエルといった海外のスタートアップ等にも販売されている。これはスタートアップ企業では、経費節約のため中古製品の需要が大きいことが影響していると考えられる。

1.5.2. 課題及び解決方法、今後の可能性

課題の概要とその解決策

先述した通り、データセンター関連製品についてはリユースされる製品は少なく、解体破砕されることが多い。従って、循環型社会の実現に向けてはリユースのボトルネックを特定し、リユース可能な仕組みづくりを促進する必要がある。

本調査によって、抽出したリユースの課題は以下の通りである。

① 中古製品の需要に関する課題

企業が製品を導入する際、データセンター運営企業や SIer 等に依頼する場合と、自社で手配するケースが存在する。データセンターや SIer は、機器を使用したサービスをユーザー企業に提供するため、サービスの安定性が重視されることが多く、価格メリットがあっても中古製品を避けて新品を選択することが多い。一方で、ユーザー企業にもシステムのイレギュラーに対応可能な体制が十分でない場合もあり、中古製品の品質に対する不安感から新品を選択することが多い。

これらの課題は、中古製品の品質に関する不安感が要因となっている。従って、中古製品の品質の担保が可能な仕組みづくりが重要であり、品質評価の標準化や保証体制の確立が進めば、中古製品を購入する企業が増加するのではないかと考えられる。

② 中古製品の供給に関する課題

現在、日本においては国内にハイパースケールデータセンターが少ない。ハイパースケールデータセンターは規模が大きいため、機器更新時に同一製品が大量に排出される。また、最先端の機器を必要とするハイパースケールデータセンターでは、自社もしくは提携先が独自に開発した機器を使用し、3年等の短い期間で機器更新を行うケースもある。こうしたケースでは、排出される機器数が多いだけでなく、その機器自体も排出時点で市場に出回っている一般企業向け製品と大きな性能差が無いケースもある。従って、ハイパースケールデータセンターは、中古再販市場において重要な排出元となることが多い。

しかし、Google が千葉県に自社データセンター設立を発表するなど、ハイパースケールデータセンターは国内に増加していくと考えられるため、ハイパースケールデータセンターからの排出を想定し、その受け皿を構築していく必要がある。

また、別の課題として、逆有償取引に該当する場合の手続きも存在している。これは中古再販業者による製品の買取価格が低額であれば、逆有償取引に該当し、製品として再販売を想定した引き取りであっても、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に抵触してしまうため、手続きが難しく、引取を行えないというものである。

逆有償取引に抵触しないためにも①と同様に品質評価による付加価値を向上させることで取引価格を上昇させ、有価物としての売買を行いやすくすることが重要である。

③ 契約面における課題

データセンターが機器を設置する場合、ユーザー企業との契約時に「期間終了後に使用済みの機器を放棄する」旨の文言があることがある。そういった文言があれば、データセンター運営企業は使用済み製品の排出時に解体破砕する必要がある。また、そのような文言がない場合でも、ユーザー企業に代わって調達・設置した機器を廃棄時に売却することにより利益を得ることが問題になることがあるため、中古再販業者への販売をためらう事業者も存在している。

この課題に関しては民間企業の契約文であるため、介入を行うことは難しいが、①及び②の対策を行い、中古市場が活性化・中古製品の価値が向上すれば、排出元企業が契約文章の変更に取り組む意義も増加する。また、社会において資源循環・低炭素化の必要性がより認知されるようになればリユースを前提とした契約文章が普及していくと考えられる。

参考) 先進的な事例・取組例

その他の取組例として「システムオンモジュール」が挙げられる。これは、株式会社 PFU や congatech 社等が取り組んでいるもので、CPU、チップセットやメモリなど、コンピュータの基本機能を凝縮したモジュールである。モジュール化されているため、カスタマイズが可能であり、最新機器の発売に応じて機器全体を交換することなく、CPU を搭載した部分のみといった部分的な交換が行える場合がある。システムオンモジュールとすることで、廃棄量が少なくなり、交換が容易になる可能性が考えられる。

1.6. 窒化ガリウム (GaN) 製品

1.6.1. 現状

本章では、窒化ガリウム (GaN) ベースのパワー半導体デバイスを搭載した各種省エネルギー型製品の実用化及び増加に伴い、将来的にそれらの廃製品に含まれる Ga 化合物等のレアメタル回収の可能性について調査・検討している。

製品の概要

GaN パワー半導体デバイスを搭載した製品の普及が始まっており、既に電車のモーター制御機器やサーバー電源、太陽光発電システムのパワーコンディショナーなどでの採用が始まっている。

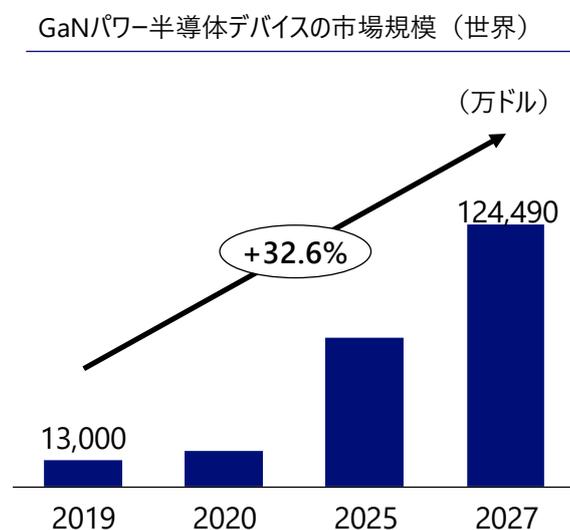
GaN パワー半導体デバイスは、既に実用化されている炭化ケイ素 (SiC) に比べ、3つの特徴を有している。

- ① SiC に比べ、大きなバンドギャップを有するため、より低損失なパワーデバイスを実現できる。代表的なパワー半導体材料である 3C-SiC のバンドギャップが 2.23 eV に対して、GaN は 3.39 eV となっている。
- ② スイッチング速度が高速であり、通信や大容量のデータ処理に関するアプリケーションでの利活用に適している。
- ③ 大幅に半導体サイズを小型化でき、最終製品の小型化による低コスト化や省エネルギーにつながる。また、医療分野において人体内での使用を想定した超小型製品への利用も想定されている。

製品市場

製造技術の確立に伴うデバイス価格の安定化に加え、SiC デバイスと比較したパフォーマンスの向上の必要性の高まりやワイヤレス充電・電気自動車・商用無線等における GaN デバイスの需要の増加などが市場規模の拡大を後押ししている。

図 1.6-1 GaN パワー半導体デバイスの世界市場



出所) Report Ocean より NRI 作成

グローバルの市場規模として、2019 年の 1 億 130 万ドルに対して、2027 年には 12 億 4,490 万ドルまで成長し、CAGR が 32.6 % に達すると見られている（図 1.6-1）。主にパワーディスクリートデバイス、パワーIC、パワーモジュールなどの半導体製品に使われ、製品分野としては、家電、IT&テレコミュニケーション、自動車、航空宇宙及び防衛等での実装が進むと見られている。

米国及び国内の各半導体メーカーが主要なプレーヤー（表 1.6-1）となっている。

表 1.6-1 GaN パワー半導体の主要メーカー

企業名	国
Efficient Power Conversion Corporation (EPC)	米国
GaN System	米国
On Semiconductors	米国
Texas Instruments Inc.	米国
VisIC Technologies	米国
株式会社東芝	日本
パナソニック株式会社	日本
富士通株式会社	日本
Infineon Technologies AG	ドイツ
Taiwan Semiconductor Manufacturing Company	台湾

出所) 公開情報をもとに NRI 作成

製品構造

① 電気自動車における利用

効率的な電力変換により、エネルギー効率や電力密度の向上、搭載部品の小型化による車両重量の軽量化が期待されている。主に車載バッテリー充電器（OBC）、DC-DC コンバータ、トラクションインバーターといった部品での利用が想定されている。また、自動運転の実現において重要なセンサーである LIDAR（Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging）といったデバイスにおいても GaN が使用されている。

また、国内では環境省の支援を受けて、名古屋大学において、All GaN ビークルの開発が進められており、モジュール基盤が従来に対して面積比で 1 / 2 となり、冷却モジュールも含めて車両に搭載可能な GaN インバーターが開発されている。また、東京モーターショーに出展したコンセプトカーにおいて、DC-DC コンバータ、車載充電器、レーザーLED 照明システム、インバーター、インホイールモータといった部品において GaN パワー半導体デバイスが搭載された。

図 1.6-2 電気自動車における GaN デバイスの使用状況（イメージ）



出所) GaN System 社より

② データセンター・サーバーにおける利用

データセンターは年率約 10 % の市場成長が見込まれており、エネルギー使用量は現状では世界の 2 % に相当しており、今後更に増加していく。また、これまでデータセンター・サーバーの主な指標が「ワットあたりコスト」から「密度あたりコスト」に変わりつつあり、より高密度且つ低消費電力が重視される。GaN テクノロジーを使用したより小さな電源装置により、同じラックスペースに追加するストレージとメモリを増やすことができ、実際にデータセンターを増設することなくデータセンターの容量を増やすことができると見られる。

現時点ではサーバー用電源や太陽光発電用パワーコンディショナー、電子レンジなどの製品において実装されているが、電気自動車・通信などの分野での実用化は2025年以降になると見込まれる（表 1.6-2）。

表 1.6-2 GaN パワー半導体デバイスの製品実装時期（想定）

2020年頃	2025年頃	2030年頃
<ul style="list-style-type: none"> サーバー用電源 太陽光発電用パワーコンディショナー 電子レンジ 	<ul style="list-style-type: none"> 高輝度照明（ヘッドライト・サーチライト） 電気自動車（インホイールモータ） ロボットパワースーツ（超小型モータ） 5G第2世代（省電力IoT小型基地局等） 	<ul style="list-style-type: none"> 超高速 可視光通信 高速鉄道（リニアモーター） 航空機（コンバータ、インバータ）

出所) 公開情報をもとに NRI 作成

マテリアルフローとリサイクル・リユースの現状

GaN パワー半導体デバイスは電子部品として各種製品に搭載されるため、マテリアルフロー及びリユース・リサイクルは搭載製品の状況によって変わる。

ただし、現時点では GaN パワー半導体デバイスの製品実装はまだ限定的であり、使用済み製品のうち、GaN を含む製品はほとんど発生していない。ただし、本業務で調査対象となっている、「小型バッテリー内蔵や電装化が進む民生品」や「電気自動車」、「データセンター関連」の調査結果と合わせてリユース・リサイクルの検討を進める必要があると考える。

また、窒化ガリウムの原料であるガリウムはアルミニウム又は亜鉛の製錬副産物であることから、そのほとんどは海外からの輸入に依存している（国内では LED 素子などガリウムひ素の製造工程における歩留り品のリサイクルが進んでいる）。

1.6.2. 課題及び解決方法、今後の可能性

課題の概要とその解決策

現状ではガリウムの素材価格が安価であり、使用済み製品における GaN あるいは Ga 化合物の発生量が多くなく、また製品あたりの含有量も少ないため、GaN あるいは Ga 化合物の元素回収に向けた取組は経済的に難しい。

一方で、将来的に GaN パワー半導体デバイスが組み込まれた製品が増加及び排出された場合、本業務で検討する資源循環 PF の「テーマ③：画像処理選別プラットフォーム（電子部品）」のような取組において、使用済み製品の電子基板に含まれる GaN パワー半導体デバイスを選別・回収する技術の実用化により、低コスト且つ回収量が確保できる可能性があると考えられる。

2 情報プラットフォームのあり方に関する検討

2.1. 調査方針

資源循環 PF に求められる要素・機能

循環型社会の形成促進に向けて、資源循環 PF においては、民間ビジネス要素と政策的要素という2つの要素と、それらに関連する4つの機能が求められると考えられる。

【民間ビジネス要素】

機能1：資源循環サプライチェーン全体にわたり、物・付加価値と情報を連携させ、循環ビジネスを拡大・加速

機能2：資源循環サプライチェーンの各プレーヤーで異なる物・情報・付加価値のギャップ・ニーズをマッチング（競争と協調の最適バランスを醸成する）

資源循環サプライチェーンにおいて、民間企業が連携するにあたり、製造、流通、使用・排出、回収、処理・処分といった各段階において物だけでなく情報も連携させていくことや、トレーサビリティ確保など、資源循環における付加価値向上に繋がるギャップ・ニーズをマッチングするためのプラットフォームが必要となると考えられる。

【政策的要素※】

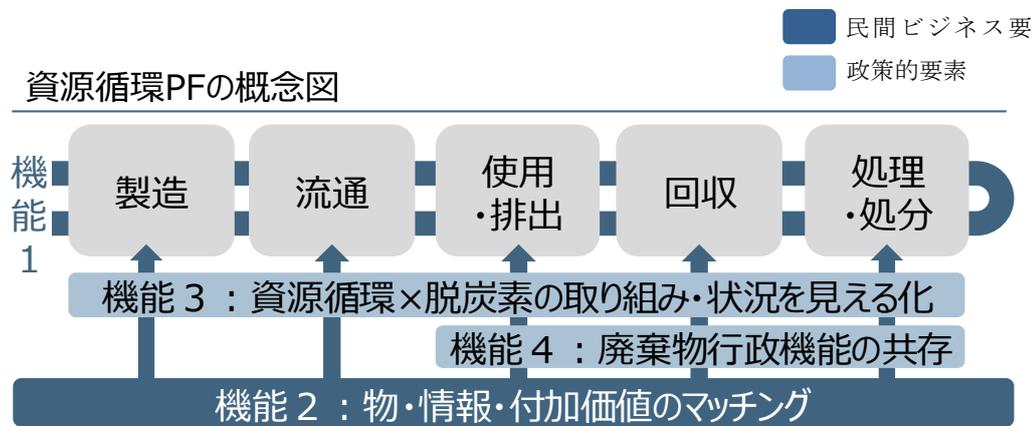
機能3：資源循環×脱炭素に向けた取組・状況の見える化

機能4：資源物のうち、特に廃棄物行政機能の共存（機能強化・効率化も期待できる）

※要素及び機能の実装については、必要性の検討が必要

プラットフォーム構築において、資源循環性向上や脱炭素（フットプリントや LCA）に関する取り組み・状況を情報として見える化することや、廃棄物行政との情報連携など、民間による行政効率化などに繋がる仕組みを構築することで、プラットフォームの実現性や収益向上につなげる。

図 2.1-1 資源循環 PF の要素・機能



資源循環 PF の構築・実現における課題

資源循環 PF は、将来的にサプライチェーンにおける複数の主体が参加できる仕組みによって、より高度な資源循環の実現を目指すものであるが、その構築・実現において多くの課題が存在し、一足飛びに完成形を目指すことは難しく、以下の課題があると考えられる。

図 2.1-2 資源循環 PF の構築・実現における課題

- 課題1:** プラットフォームの受益者・コスト負担者が明確でなく、資源循環PFの主体（構築者・参画者）が定まらない（総論賛成だが各論は議論進まず）
- 課題2:** 動静脈間の情報が分断しており、物・情報のトレーサビリティが取れない（資源循環サプライチェーン構築における動静脈間或いは業界内の相互理解・信頼構築が進まない）
- 課題3:** 静脈側のデジタル化が（動脈に比べて）遅れており、情報の見える化が進まない（プラットフォームの基盤がない）
- 課題4:** 廃製品から資源を取り出す、いわゆる「加工ビジネス」だけでは本PFにかかるコストが賄えない、或いは事業者が享受する付加価値が限定的となる（バージン原料等の価格がボトルネック）

調査方法

資源循環 PF に関して想定される要素及び構築・実現において想定される課題について、これまで資源循環サプライチェーンの部分的要素を持つ PF として、個別製品（群）や特定の企業グループなどにおいて検討している国内外の事例（既存 PF）をレビューし、上記の各要素・課題に対して、どのように取り組んでいる（取り組もうとしている）のかを調査・整理する必要がある。

本調査業務は、既存 PF の調査により、資源循環 PF の構築・実現に向けた今後の政策的な取組方向性に関する検討材料としていくものになると考える。

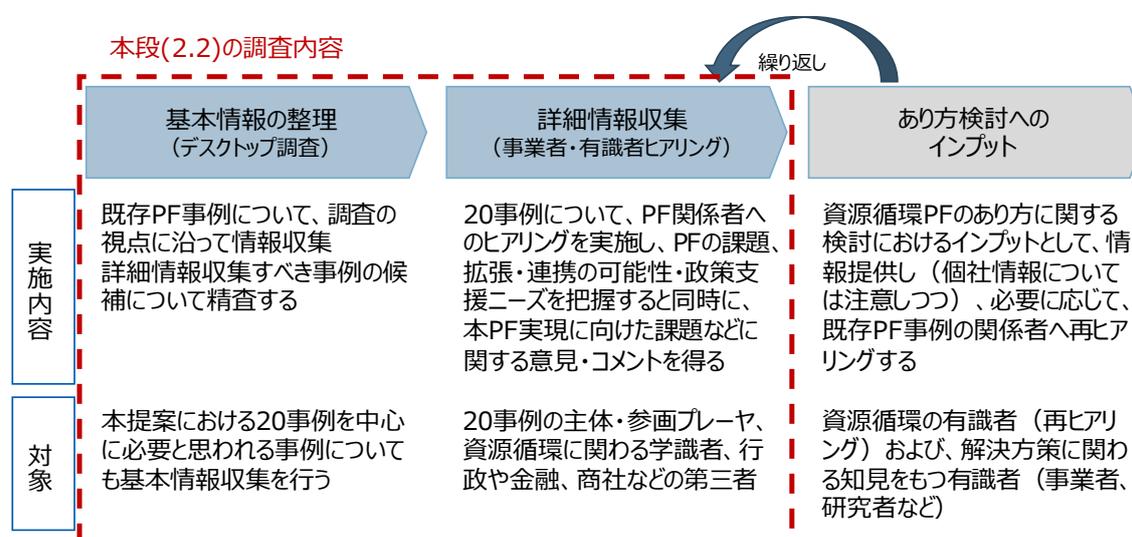
2.2. 既存プラットフォーム調査

2.2.1. 調査の概要

既存プラットフォーム調査の目的

本章の冒頭で示した通り、既存のPFに関する調査を通じて、本調査において検討を実施する資源循環に関する情報PFの構築及び運営に対する示唆を抽出する。本段においては、具体的なインプットを導くための情報の整理を行う。

図 2.2-1 既存プラットフォーム調査の位置付け



調査の内容と手法

調査の項目としては、各々のPFの「関連プレーヤー」、「ビジネススキーム」、「提供価値、提供機能の内容」、「やり取りされるモノもしくは情報」及び「プラットフォームの構築、運営にかかる課題」を中心に情報取得を実施する。

調査手法としては、第一に文献、Web上の公開情報を調査し、おおよその情報を取得する。その後、実際にPFを運用しているプレーヤーもしくは関連プレーヤーへのヒアリングや、過去の調査を通じた弊社内の知見収集を通じて、情報の修正及び詳細化、実際の構築、運用にかかる課題の聞き取り等詳細な調査を実施する。

本調査で取得する情報には、各PF事業者のビジネスに関わる、内部情報が多分に含まれるため、PFの提供機能ごとに整理を行い、個別の事業者の内部情報が掲載されないように配慮して、検討PFへのインプットとして活用可能な情報を取り

まとめる。

また、個別の事例紹介に際しては、文献、Web等の公開情報から取得できる情報をベースにスキームや提供価値について説明を行う。

調査対象の選定における視点

調査対象とする PF の選定にあたっては、2.1 で整理した資源循環 PF の構築・実現における課題のそれぞれに対して示唆を得られる可能性を重視する。また、本検討が公共主導での PF であることを考慮し、民間事業者の主導で構築された PF 以外も対象とする。

さらに、弊社の過去知見をもとに、PF に対する分類を実施し、それぞれの PF が、「どのような対象に向けて価値提供をしているか」、「収益構造モデルはどのようなものか」をそれぞれ 6 パターンに整理した。それぞれの内容は図 2.2-2 の通り。

図 2.2-2 プラットフォームの価値提供対象の類型

<p>A.統合型PF 乱立するサービスを統合する形でユーザー利便性を向上</p>	<p>B.業種特化PF 特定業界に特化してきめ細やかな課題対応を実施</p>	<p>C.地域先行型PF 特定地域に特化してきめ細やかな課題対応を実施</p>
<p>D.顧客特化型PF 顧客に特化したきめ細やかな課題対応を実施</p>	<p>E.プロセス特化型PF 特定プロセスに特化したきめ細やかな課題対応を実施</p>	<p>F.オフライン・エッジ型PF データ化されていないユーザをきめ細やかにデジタル化し課題対応</p>

図 2.2-3 プラットフォームの収益構造モデル類型

<p>PF上デジタルでの収益</p>	<p>①広告モデル PF機能は無料で提供し、広告モデルで収益を得る</p>
	<p>②会費モデル/月額課金/従量課金モデル PFの利用者もしくはエコシステムプレイヤーから月額・従量課金等の会費を徴収する</p>
	<p>③アプリケーション売上手数料 PF上で提供される外部アプリケーションのレベニューシェアを受ける</p>
	<p>④マッチング手数料 PFによって生まれた新たな取引におけるマッチング手数料を得る</p>
<p>PFをフックとしたフィジカルレイヤーでの収益</p>	<p>⑤データ2次提供 PFデータの2次的提供を通じたマネタイズ</p>
	<p>⑥他回収エンジン（フリーミアム、フック×別回収源） PF機能は安価・無料で提供し、別ビジネスモデル・事業で回収を行う</p>

2.2.2. 既存プラットフォームの事例紹介

調査対象の一覧

調査対象とするPFについては、資源循環に関係するものに限らず、2.1で述べた4つの課題に対する取組事例及び行政主導で構築、運営されている事例について、偏りが生まれないように選定した。表 2.2-1に調査対象となる20個の既存のPFについて示す。

それぞれについて、「プラットフォームの基本機能」、視点において分類した「プラットフォーム類型・収益構造モデル」、「プラットフォーム名及び運用主体」、「対象とするサプライチェーンの範囲」、「特徴」及び「選定理由」の項目で情報整理を行った。

表 2.2-1 既存プラットフォーム調査の対象一覧

	PF類型・収益構造モデル	PF名・主体	対象とするサプライチェーンの範囲	特徴（対象製品・素材等）	選定理由
1	A-④	RECYCLE HUB (wild deep)	回収、業者マッチング	企業情報(マッチングサイト)	課題3に対する取り組みの事例(処理・処分業者マッチング)
2	A-④	Back Market (同社名)	回収、処理・処分(修理)	リユース通信端末、小型電子機器の販売	課題4に関連して、リユース品の付加価値向上の取り組み(販売)
3	B-②	Food Trust (IBM)	製造、流通、使用・排出	材料・加工経路トレサビ提供	課題1に対する取り組みの事例(デファクトスタンダード化)
4	B-②	事業系廃棄物の資源循環を加速するIT・AI活用静脈プラットフォーム(白井グループ)	回収、処理・処分	配車、業務電子化、廃棄物移動可視化	課題3に対する取り組みの事例(静脈SCの垂直統合・国内)
5	B-②	European Recycling Platform (同社名)	使用・排出、回収	コンプライアンス管理サービス(電子機器、バッテリー、包装材のリサイクルまで受持ち)	課題3に対する取り組みの事例(静脈SCの垂直統合・欧州)
6	B-②	スマート物流サービス(製造VC各社)	製造、流通	参加各企業による物流・商流データの活用	行政主導での特定業界におけるVC垂直統合PF事例(製造業)
7	B-②、⑥	LANDLOG (コマツ)	流通、使用・排出、回収	アプリケーション提供	課題1に対する取り組みの事例(サブスクリプションモデル・toB)
8	B-③、⑥	MindSphere (SIEMENS)	製造	アプリケーション提供	課題1に対する取り組みの事例(「エコシステム」中心の設計)
9	B-⑥	FIELD system (ファナック)	製造	アプリケーション提供	課題1に対する取り組みの事例(競合参加のシステム基盤)
10	B-⑥	MILK cloud (AKOL)	製造、流通	酪農に関する全情報、流通、製品情報	行政主導での特定業界におけるVC垂直統合PF事例(農林水産業)

	PF類型・収益構造モデル	PF名・主体	対象とするサプライチェーンの範囲	特徴（対象製品・素材等）	選定理由
11	C-⑥	福岡市地域包括ケア情報プラットフォーム（福岡市）	排出、回収	患者情報（医療・日常）・行政データ	行政主導での特定地域における機能・組織横断型PF事例（ヘルスケア）
12	E-②	Ridwell（同社名）	回収	リサイクル可能製品全般	課題1に対する取り組みの事例（サブスクリプションモデル・toC）
13	E-④	ReSACO（TRICYCLE）	回収、業者マッチング	オフィス什器、家電、建設資材、店舗備品	課題3に対する取り組みの事例（リユースマッチング）
14	E-⑤	小田急×座間市 サークラー・エコミー連携施策（Rubicon Global）	回収	ごみ収集車の業務効率化	課題3に対する取り組みの事例（企業主導・データ活用）
15	E-⑤	廃棄物のデータ管理システム（福岡アジア都市研究所）	使用・排出、回収	廃棄物の収集量	課題3に対する取り組みの事例（行政主導・データ活用）
16	E-⑥	Loop（TERRA CYCLE）	製造、流通、使用・排出、回収、処理・処分	複数回使用前提の中古容器	課題2に対する取り組み事例（エコデザイン）
17	E-⑥	地域食品資源循環ソリューション（NTTフィールドテック）	回収、処理・処分	食品残渣	課題2に対する取り組み事例（製品のサイクル確立）
18	E-⑥	Asurion（Asurion Technology Kakegawa）	回収、処理・処分（修理）	携帯端末の自社修理・流通	課題4に関連して、リユース品の付加価値向上の取り組み（修理）
19	F-②	GMS（Global Mobility Service）	使用・金融連携	貧困層の車購入希望者に対し、支払い情報による自動車管理	課題4に関連して、金融を絡めた付加価値向上の取り組み
20	F-⑤	Material Pool System（RECOTECH）	回収	廃棄物を計量し種類・発生時間・場所とともに記録	課題4に対する取り組みの事例（付加価値向上）

個別 PF 紹介

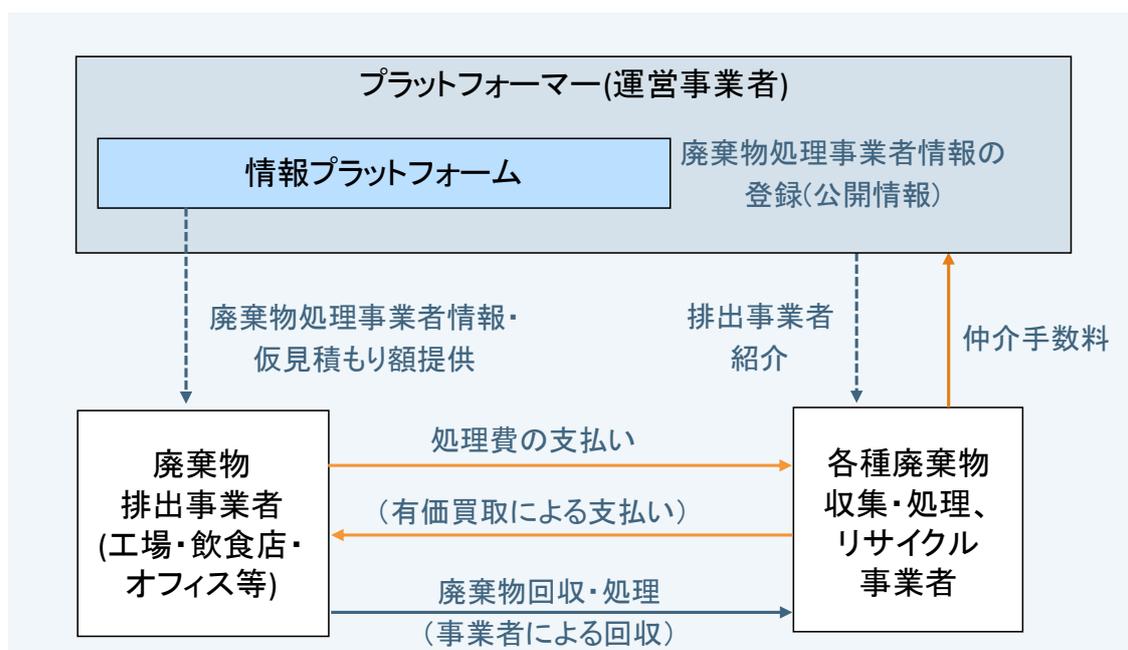
各々の事例について、個社の内部情報を含まない形で、公開情報ベースでの解説を記載する。基本情報を表形式でまとめた上で、PFのスキーム図及び概要の説明、中心となる提供価値（コアバリュー）について記載する。

1. RECYCLE HUB

表 2.2-2 「RECYCLE HUB」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	ワイルドディーブ株式会社（東京都）
コアバリュー	分散している事業者情報の集約
取扱対象物（情報）	事業系一般廃棄物・産業廃棄物の処理事業者情報
対象地域	日本国内全国

図 2.2-4 「RECYCLE HUB」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

ワイルドディーブ社（東京都）が展開する「RECYCLE HUB」は、廃棄物処理事業者に関する情報を集約した PF。Web サイト上に各事業者の社名・処理工場所在地・処理可能な廃棄物・各種許可証・認証有無等の公開情報から取得可能な情報を中心に掲載し、排出事業者に対して適切な処理・リサイクル事業者を検索する機能を提供している。また、処理対象物の情報を入力することで、自動で見積もりを行うことができる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

基本的に提供している情報は公開情報レベルであるが、各所に散在している情報を集約し、地域・対象物・処理方法等の検索を可能にすることで、排出事業者には情報収集の工数削減、処理・リサイクル事業者には直接リーチすることの難しい顧客の紹介というメリットを提供。両社から自社 PF が仲介した取引の規模に応じて仲介管理費を得ることでビジネスとして成立させている。実際の料金収納の仕組みや、取引規模等の詳細な情報は公開情報上からは取得不可である。

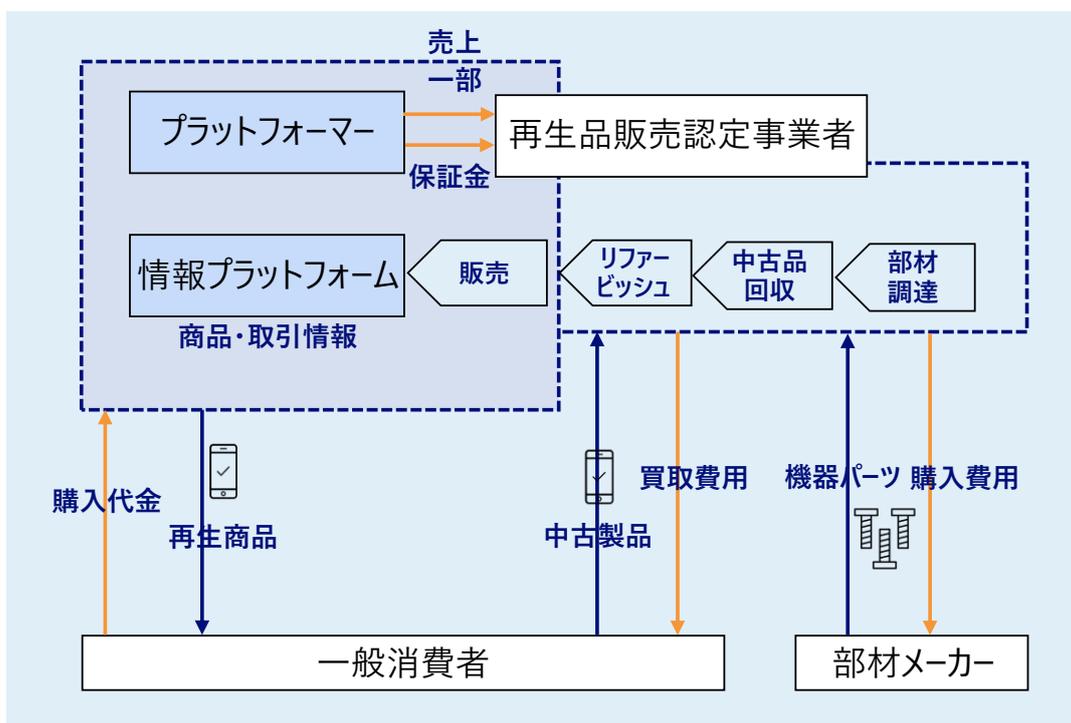
PF が取扱う情報の範囲は、事業系一般廃棄物、産業廃棄物全般であり、リサイクル・廃棄処分の両面から検索が可能である。処理方法等の詳細について、PF としては特定の領域に特化しているわけではなく、幅広く掲載されている各事業者の対応可能範囲による。

2. Back Market

表 2.2-3 「Back Market」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	Back Market 社（フランス）
コアバリュー	中古市場の集約
取扱対象物（情報）	スマートフォン等の中古電子機器
対象地域	フランス

図 2.2-5 「Back Market」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

Back Market 社（フランス）が展開するサービスでは中古電子機器の販売を実施している。Back Market 社は出品側企業に厳格な出品基準を設定しているため、消費者は Web サイトを通じて高性能な端末を低価格で入手することが可能である。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

携帯端末等の高性能化に伴い、消費者の負担は増加している。**Back Market** を通じて端末を入手することで、消費者は品質が保証された端末を入手することが可能である。また、**PF** に参加する事業者には最低販売数の保証という参加メリットを提供する。

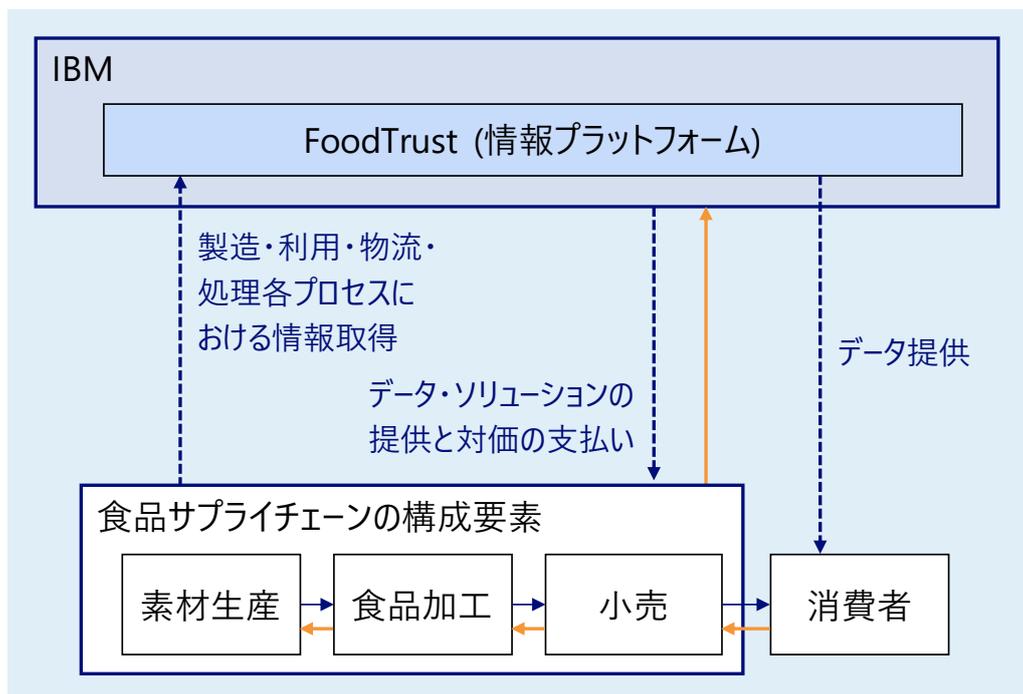
また、現在は携帯端末を主として取り扱っているが、今後は更に多様な種類の端末を取扱うことを計画している。

3. Food Trust

表 2.2-4 「Food Trust」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	IBM（アメリカ）
コアバリュー	トレーサビリティの確保
取扱対象物（情報）	食品の生産、加工に関する情報
対象地域	グローバル

図 2.2-6 「Food Trust」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

IBM 社（アメリカ）が展開する「Food Trust」は、加工食品を中心とした、生産から加工され小売店に並ぶまでのトレーサビリティを提供する PF。IBM が管理するデータベース上に生産者の情報及び、加工のプロセスや事業者間の移動に関する情報を掲載し、関連する事業者ごとに公開範囲を設定しながら情報提供を実施する機能を提供している。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

現状のサプライチェーン上の事業者は、デジタル活用の度合いにばらつきがあり、システム連携等によってサプライチェーン上で一貫してデータの連携を取ることが難しくなっている。そこで本 PF では、IBM の提供するクラウドシステム上に各事業者からデータをアップロードすることで、事業者間のデータ連携を可能になる。

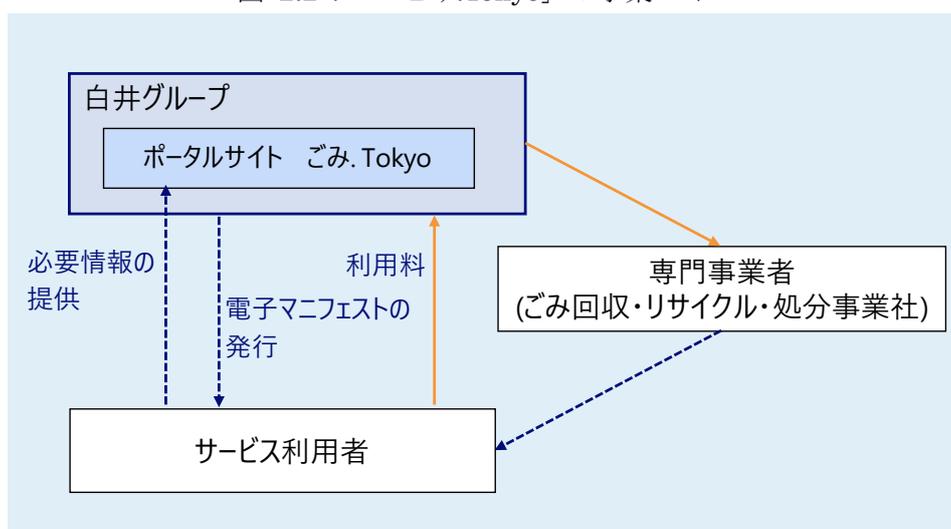
プラットフォームの利用料に関しては、トレーサビリティ確保によるメリット享受が参加事業者によって異なることから、事業者ごとに異なった料金体系で提供している。比較的大手の小売り事業者や、食品加工事業者は、自社前後のサプライチェーンのデジタル管理が可能になることで、顧客への価値向上や事業効率化につながる。

4. 廃棄物収集の配車、業務電子化、廃棄物移動可視化（白井グループ）

表 2.2-5 「ごみ.Tokyo」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	白井グループ株式会社（東京都）
コアバリュー	複雑な廃棄物処理手順の統一・簡易化
取扱対象物（情報）	事業系一般廃棄物
対象地域	東京 23 区内

図 2.2-7 「ごみ.Tokyo」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

白井グループ（東京都）はポータルサイト（ごみ Tokyo）を通じて申込みを受けた事業系一般廃棄物について、AI による回収ルート、担当企業を最適化するサービスを展開している。ユーザーは、スマートフォンやパソコンからポータルサイトにアクセスし、ごみの排出場所・量を入力するだけで、廃棄に必要な料金の見積もりを行い、契約・電子 manifests の申し込みや決済を全て行うことができる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

排出事業者にとっては大きな負担となるごみの処理について、見積もりや電子マニフェストの発行等を全て容易に行える事が最大のメリットである。収集は効率的なルートで収集が行えるよう AI を用いて協力会社内で分担を決定しているため、収集業者も複数の収集先を効率的に訪問することが可能となる。排出事業者は収集・処分を担当する業者を選択することはできないが、ポータルサイトでの申込時に収集運搬・処分業者を確認することが可能となっている。

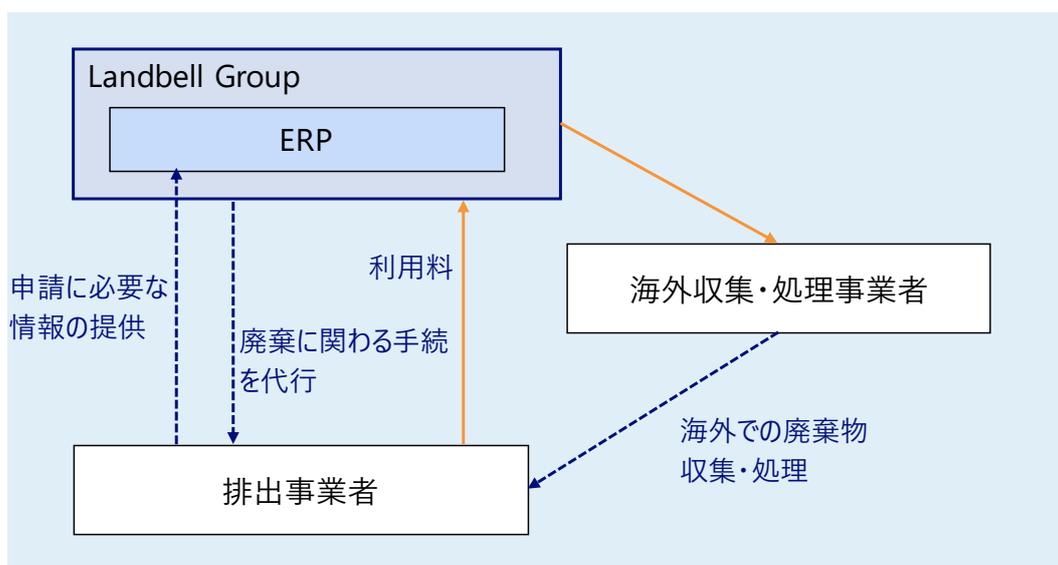
PF は東京の一部のエリアからスタートし、順次拡大しており、令和 3 年 3 月時点では東京 23 区の全域を対象にサービスを実施している。

5. European Recycling Platform (Landbell Group)

表 2.2-6 「ERP」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	Landbell Group（ドイツ）
コアバリュー	国をまたいだ廃棄手続の簡素化
取扱対象物（情報）	電子機器、電池、包装容器
対象地域	欧州

図 2.2-8 「ERP」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

Landbell Group（ドイツ）が展開する「European Recycling Platform（ERP）」は、メーカーが電子機器やそれに付随する電池・包装容器を欧州・中東・アフリカへ輸出する際に、各国における廃棄物の収集とリサイクル処理サービスを提供するPFである。一般的に、海外へ製品を販売流通させる場合、廃棄に関する法規の把握・手続は非常に煩雑となるが、ERP 会員になることで手続を簡略化し、コストを削減することができる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

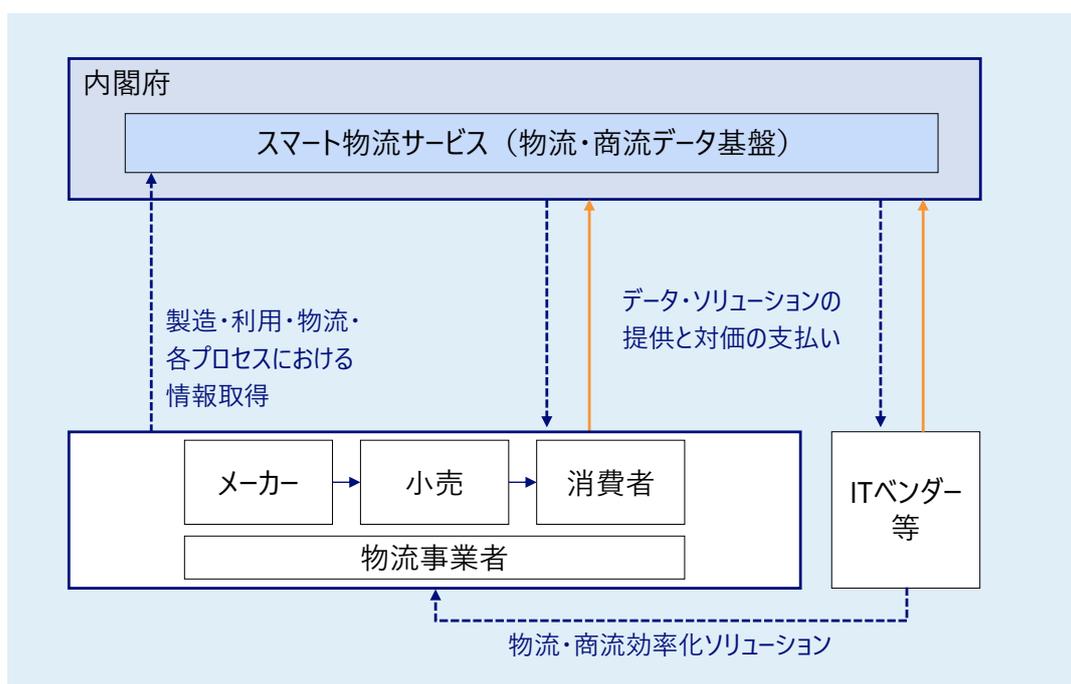
Landbell Group は欧州を中心とする 32 か国に拠点を保有しており、各国のリサイクルに係る法令に基づき、現地の廃棄物収集事業者・処理事業者と連携しながら適切且つ効率的なリサイクルを実施する。また、毎年申告が必要となる各製品の数量と種類について調査を行い、申告要項及び必用データを集約して申告書類を提出する。会員企業はオンラインで手軽に申告内容の確認が可能である。さらに、収集した情報を活用して、法令順守プロセスの簡略化に導くコンサルティングサービスも提供している。

6. スマート物流サービス（内閣府）

表 2.2-7 「スマート物流サービス」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	内閣府（東京都）
コアバリュー	分散している物流・商流関連情報の集約
取扱対象物（情報）	物流・商流関連情報
対象地域	日本国内全国

図 2.2-9 「スマート物流サービス」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

内閣府は、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより科学技術イノベーションを実現する国家プロジェクト「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の一課題として、「スマート物流サービス」の構築に取り組む。物流に対するニーズは増加・多様化する一方で、物流業の高齢化・人材不足が進んでいることから、物流サービスの低下や、物流費の高騰による物価の高騰といった「物流クライシス」が我が国の社会課題となっている。そこで、物流に関わる様々な情報を集約するデータ PF を構築し、サプライチェーン全体を最適化することで、物流・商流の効率化・高付加価値化を実現する。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

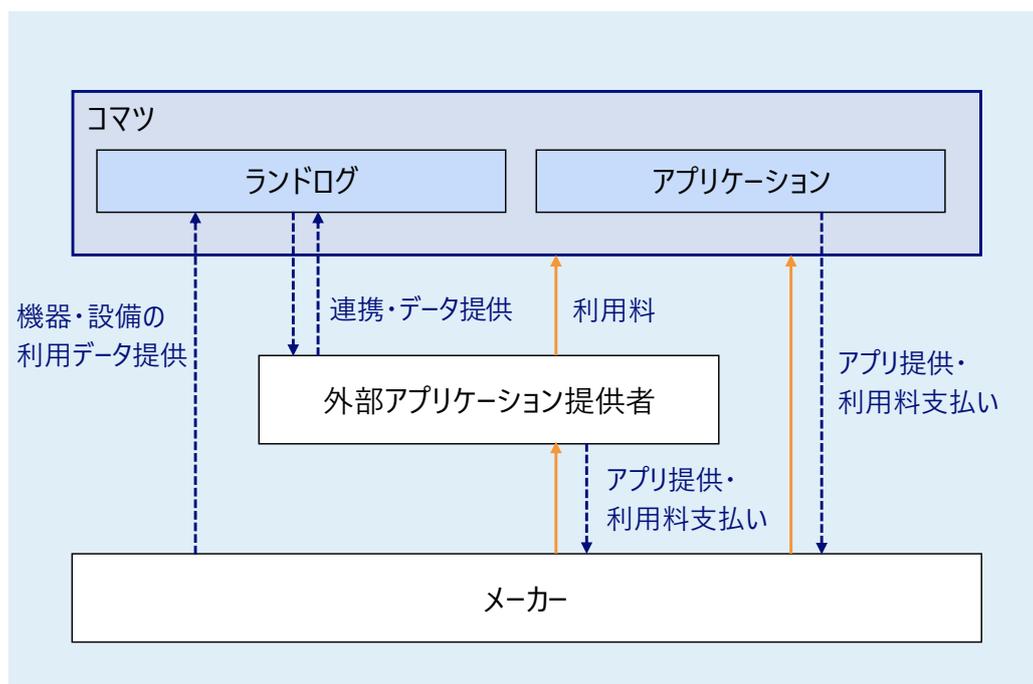
スマート物流サービスの実現に向けた研究開発の軸として、(A) 物流・商流データ PF の開発、(B) 「モノの動き」の見える化技術の確立、(C) 「商品情報」の見える化技術の確立の三つが定められている。それぞれの軸について、内閣府は 2018 年度から 2022 年度にかけた研究開発計画を策定し、メーカーや物流事業者等、サプライチェーンに関わる各ステークホルダーと連携しながら研究開発を進めている。スマート物流サービスは、サプライチェーン全体におけるトレーサビリティの確保とセキュリティの担保されたデータ管理を可能とし、デジタル化によるデータベースなサプライチェーンの効率化に寄与する。将来的には、データ PF 上の情報を IT ベンダー等が活用することで、例えばサプライチェーンに関わる事業者へのリアルタイム需要予測サービスや、物流サービスの更なる効率化に向けた提案を提供するなど、データ利活用サービスが発展する可能性もあると考えられる。

7. ランドログ

表 2.2-8 「ランドログ」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	株式会社ランドログ（東京都）
コアバリュー	情報の集約・整理
取扱対象物（情報）	機器の操作ログ、写真データ等
対象地域	日本国内全国

図 2.2-10 「ランドログ」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

ランドログを運営するランドログ社（東京都）は小松製作所（東京都）、NTT ドコモ（東京都）、SAP ジャパン（東京都）及びオプティム（東京都）が出資し、PF の運営を主目的に設立された会社である。建築現場の車両に設置したセンサーやドローン等から収集した情報を収集し、作業量や施工の進捗情報とし、会員企業に公開することで、建設現場向けの新たなサービスの提供を可能にしている。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

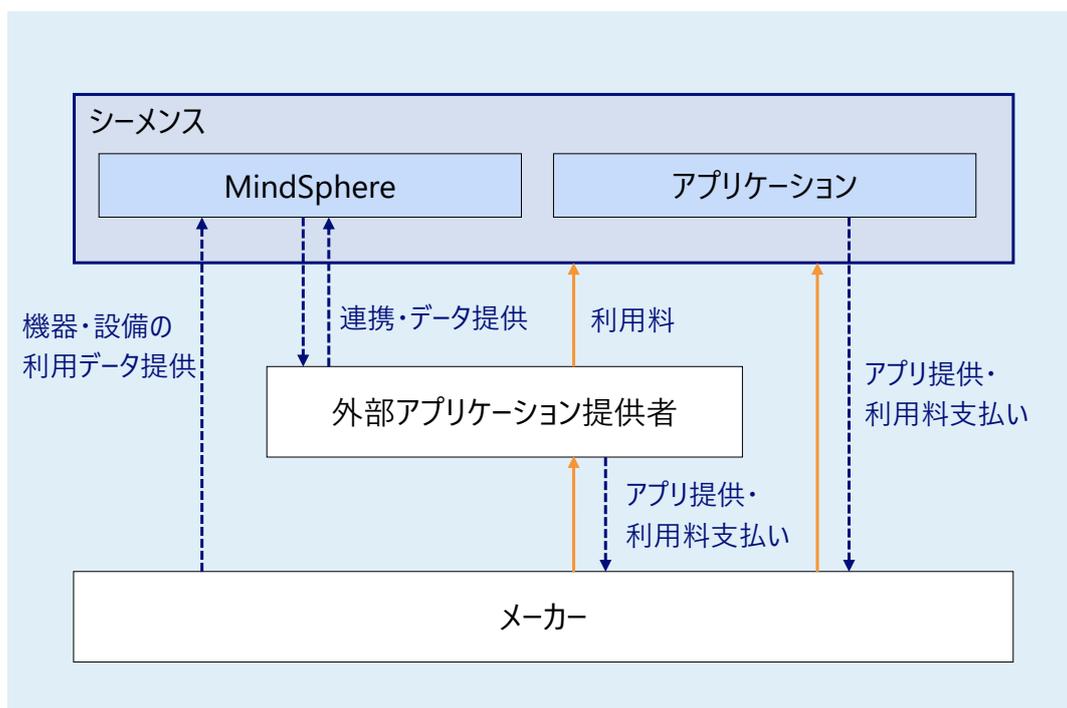
これまでデジタル化が進んでおらず、活用可能なデータが少なかった建設現場のデータを集約し、単なる操作記録といった活用が難しいデータではなく、作業の進捗等の付加価値が高いデータとして集約することで、建設現場の生産性向上に資する新たなサービスを生み出すことが可能となる。提供されたデータを用いてランドログに出資した4社からサービスを提供するのみならず、収集・整理したデータをビジネス基盤としてPF上で展開し、パートナー企業が新たなサービスを提供することを可能とする。ランドログ社はPFへの登録料をパートナー企業から受け取る他、サービスを提供した協力会社からサービス手数料を得ている。

8. MindSphere (SIEMENS)

表 2.2-9 「MindSphere」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	SIEMENS 株式会社（ドイツ）
コアバリュー	産業機器・設備情報の集約と利活用
取扱対象物（情報）	産業機器・設備の稼働情報
対象地域	グローバル

図 2.2-11 「MindSphere」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

SIEMENS 社（ドイツ）が提供する「MindSphere」は、製造業の産業機器・設備について、稼働状況に関するデータを可視化・利活用するシステムである。メーカーが保有する機器・設備のデータをクラウドで管理し、データを活用した監視・通知機能等を持つアプリケーションをメーカーへ提供する。また、アプリケーション開発企業やメーカー自身も、ライセンス契約によりクラウド上のデータを取得してアプリケーションを開発することが可能である。このように、機器・設備のデータを集約する PF を提供することで、バリューチェーンにおけるデータ連携・分析を促進し、生産性の向上につなげている。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

MindSphere を利用することで、機器・設備の稼働状況の監視による設備の異常・故障への速やかな対応や、故障予知の加速による稼働時間の改善などが可能となる。さらに、アクセスコントロールを取り入れたデータベース管理により、セキュリティが担保された安全なデータ管理を実現している。

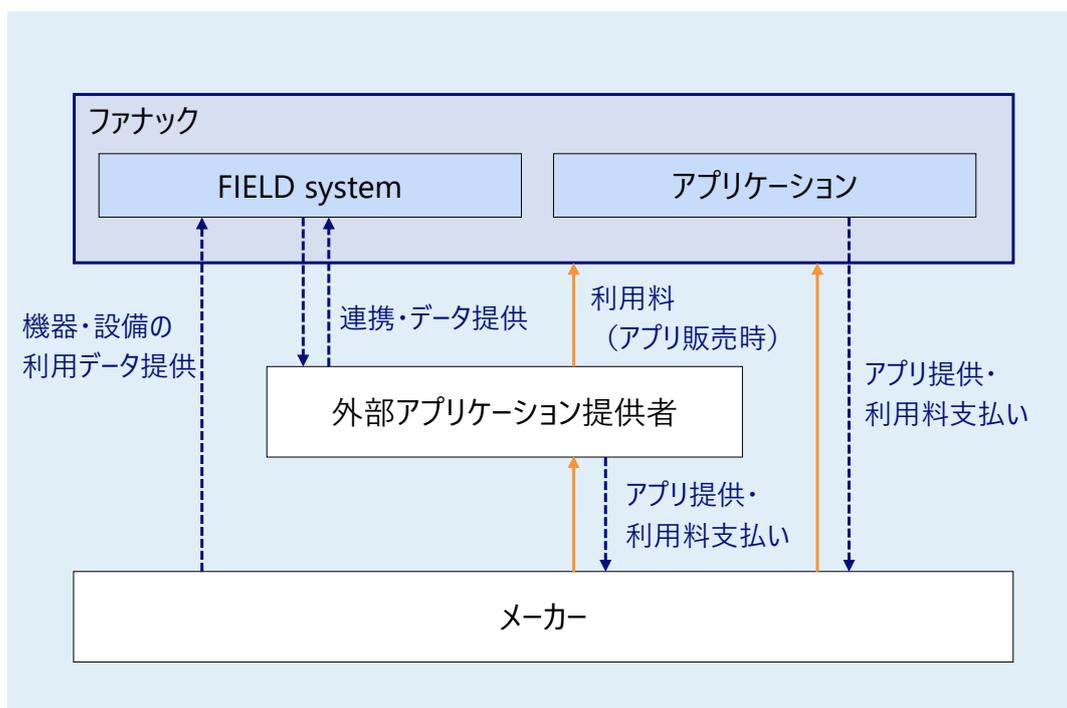
利用にあたっては、システムの用途により以下3つのライセンスプランが用意されている。①工場から取得した時系列データを蓄積し、SIEMENS 社製のアプリケーションを使用できる IoT Value Plan、②MindSphere 上で実行可能な独自のアプリケーション開発を行うことができる Developer Plan、③開発したアプリケーションへ使用権を付与することができる Operator Plan である。それぞれのライセンスプランにおいて、利用規模により異なる複数の料金体系を用意しているほか、定額課金モデルにより初期費用を抑え、導入障壁を下げている。

9. FIELD system (ファナック)

表 2.2-10 「Field system」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	ファナック株式会社（山梨県忍野村）
コアバリュー	産業機器・設備情報の集約と利活用
取扱対象物（情報）	産業機器・設備の稼働情報
対象地域	グローバル

図 2.2-12 「Field system」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

ファナック社（山梨県）が展開する「FIELD system」は、製造業の産業機器・設備について、稼働状況に関するデータを可視化・利活用するとともに、データに基づいて制御するシステムである。メーカーが保有する機器・設備のデータをコンバータと接続し、データの収集と機器・設備への指令による制御を実施する。また、収集したデータを活用した監視・通知機能等を持つアプリケーションをメーカーへ提供する。なお、アプリケーション開発企業やメーカー自身も、データを取得してアプリケーションやコンバータを開発することが可能である。このように、機器・設備のデータを集約し稼働を制御するPFを提供することで、バリューチェーンにおけるデータ連携・分析を促進するとともに機器・設備の効率的な稼働を促し、生産性の向上につなげている。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

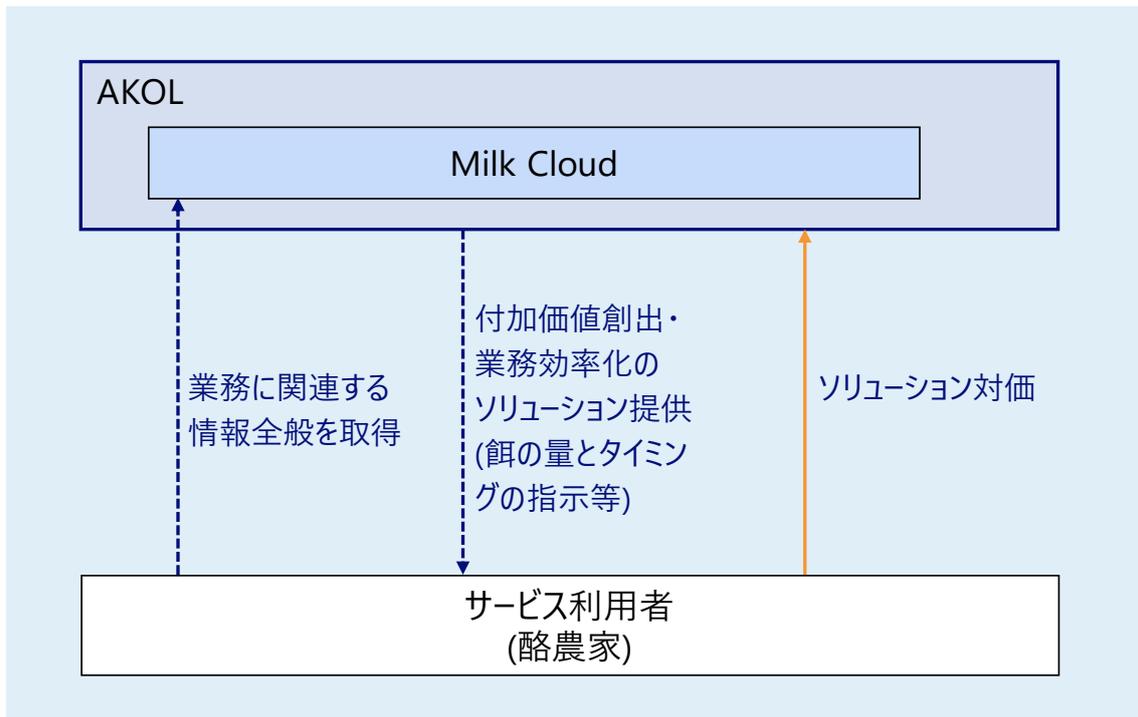
「8. MindSphere (シーメンス)」とよく似たシステムであり、セキュリティの担保や定額課金モデルの導入等においては共通した取組を行っている。一方、FIELD system 独自の特徴は、エッジヘビーなオープン PF の構築により、設備・機器のデータ取得だけでなく、制御まで可能にしている点である。また、アプリケーション開発企業等は無料でファナック社のパートナー会員となり、収集したデータを活用してアプリケーションやコンバータを開発できる点も MindSphere と異なる。ただし、アプリケーション等の販売時にはファナック社による有償のアプリケーション認証が必要である。

10. Milk Cloud

表 2.2-11 「Milk Cloud」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	AKOL（イスラエル）
コアバリュー	情報提供
取扱対象物（情報）	家畜・作物に関する効率的な栽培ノウハウ
対象地域	イスラエル

図 2.2-13 「Milk Cloud」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

AKOL社（イスラエル）が展開する「Milk Cloud」は農家に向けて畜産や作物栽培をITで管理し、作物の収量を高めるサービスである。農家は家畜に与える餌の内容やタイミング、農作物の種まき、灌漑、収穫等のタイミング等について、的確なアドバイスを受けることが可能である。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

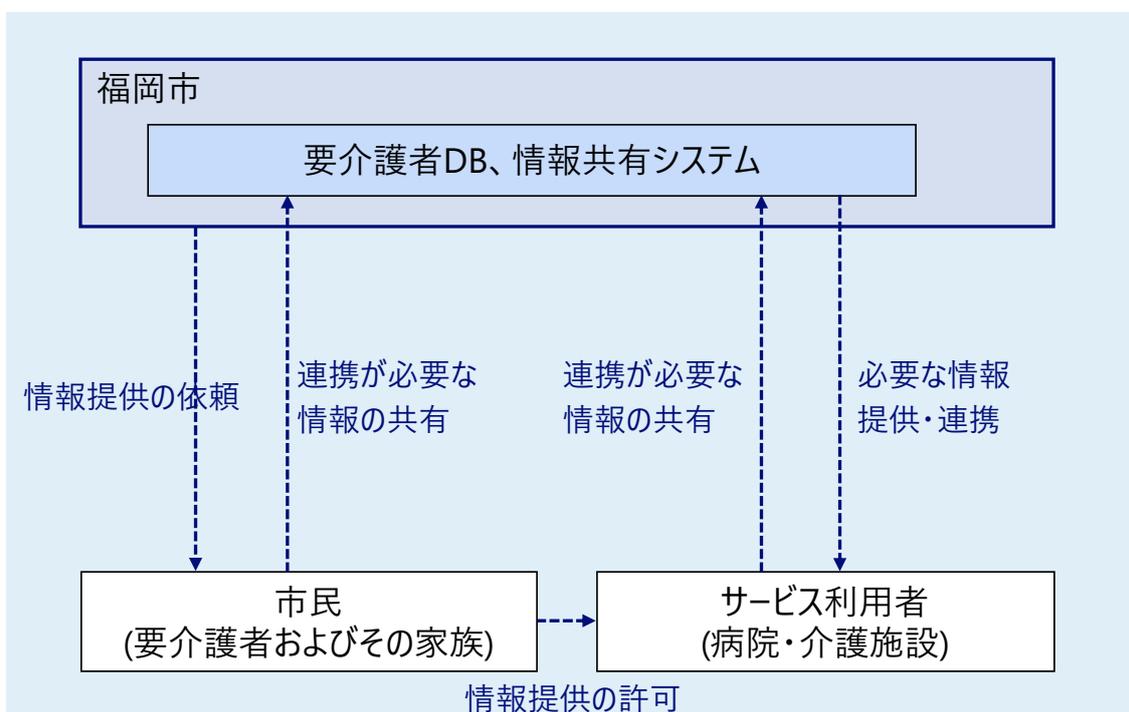
農家の業務における的確な情報管理を行うことで、効率的な畜産・農業をサポートするシステムである。農家ごとの情報格差、デジタル活用の格差を解消することで、業界全体で生産、経営効率を向上させることが可能である。

11. 福岡市地域包括ケア情報プラットフォーム

表 2.2-12 「福岡市地域包括ケア情報プラットフォーム」の基本情報

運営者（本社所在地）	福岡市
コアバリュー	情報のデジタル化・一元化による伝達
取扱対象物（情報）	要介護者を中心とする患者情報・住民情報
対象地域	福岡市

図 2.2-14 「福岡市地域包括ケア情報プラットフォーム」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

福岡県福岡市が提供する「福岡市地域包括ケア情報プラットフォーム」は、要介護者を中心とする住民の患者情報・住民情報について、病院・介護施設等のケア施設と共有するサービスである。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

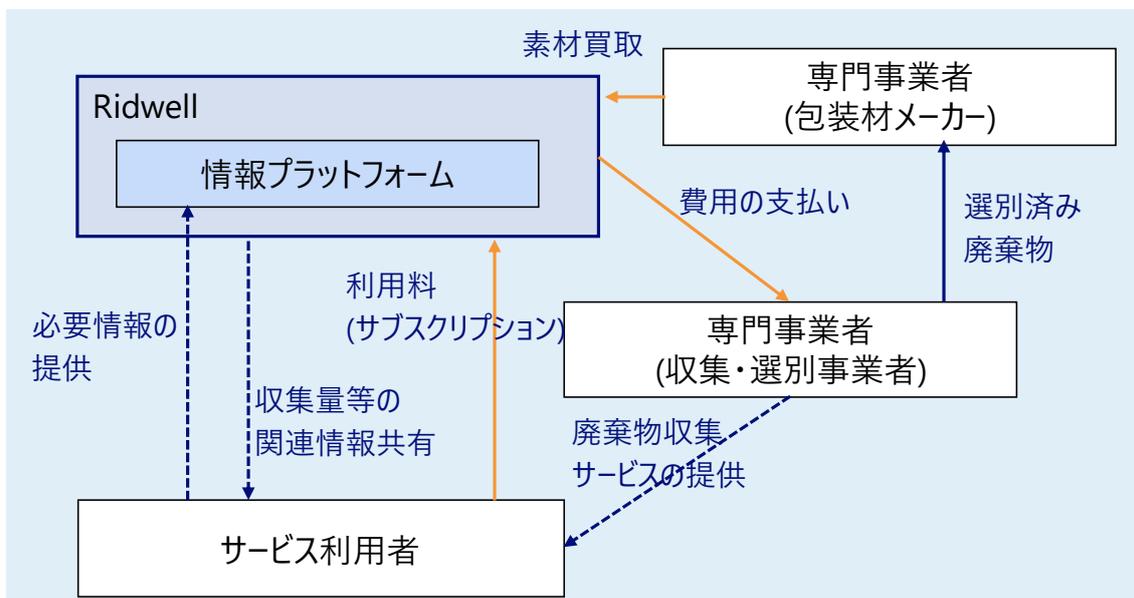
本 PF の利用により、施設間の連携を高め、施設側、住民側双方に事務的な情報のやり取りを省略可能なメリット、情報の取違え等によるミスを低減するメリットを提供可能になる。また、行政側も要介護者の情報が従来より詳細に把握可能になることで行政施策への反映が容易になるというメリットがある。本 PF は行政が提供する形でサービス利用料等は発生していない。

12. Ridwell

表 2.2-13 「Ridwell」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	Ridwell 社（アメリカ）
コアバリュー	サブスクリプション型不要物回収
取扱対象物（情報）	梱包材・電池等の不要物
対象地域	アメリカ

図 2.2-15 「Ridwell」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

Ridwell 社（アメリカ）が展開するサービスは、消費者が自宅で取りまとめたリサイクル可能製品の回収を行うサブスクリプション型のサービスである。消費者は定額制で電池や包装材等の不要物を引き渡すことができ、回収されたものは全て Ridwell 社によってリサイクルされる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

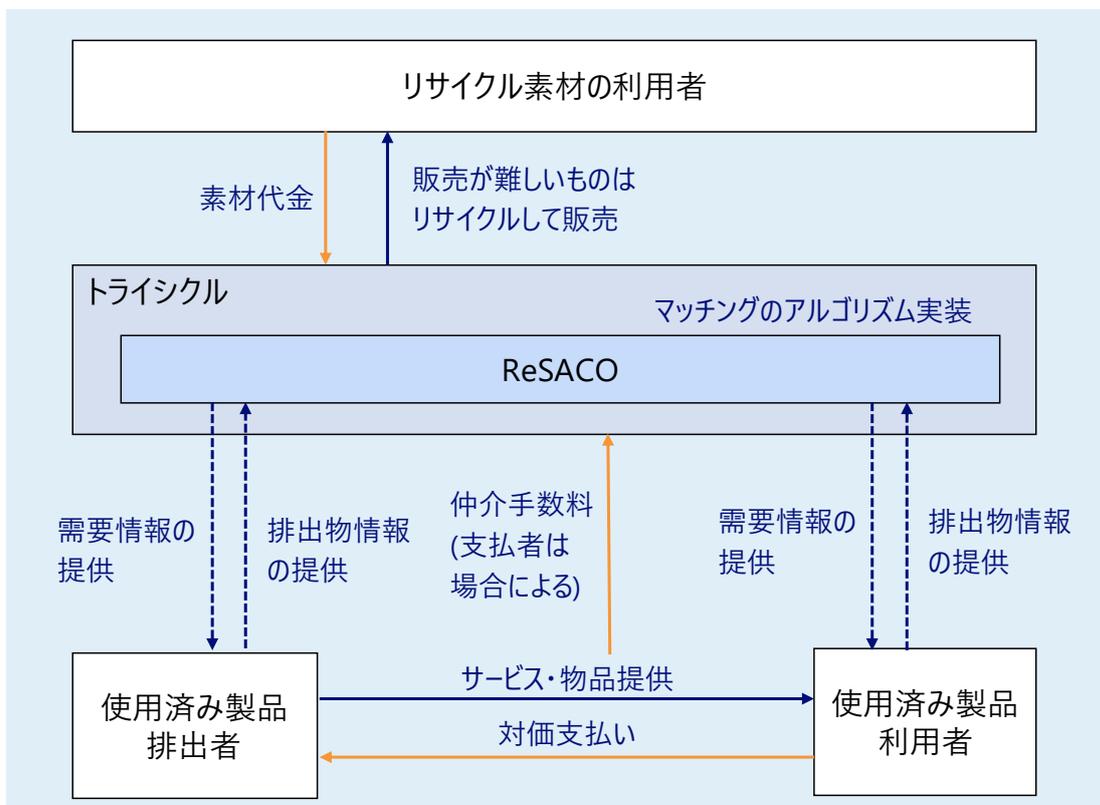
EC の拡大もあり、梱包物等の不用品は増加している。消費者は Ridwell 社のサービスを利用することで、こうした不用品を処分するだけでなく、Ridwell 社によって視覚化された自身の環境保全への貢献度合いを確認することができる。これによって消費者の行動変容を促し、環境意識を高めることも可能である。

13. ReSACO

表 2.2-14 「ReSACO」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	トライシクル株式会社
コアバリュー	不用品売買のマッチング
取扱対象物（情報）	事業所での不要物
対象地域	日本国内全国

図 2.2-16 「ReSACO」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

トライシクル社（東京都）が展開する「ReSACO（リサコ）」は企業からごみとして排出されていた不要物のうち、リユース・リサイクルが可能な資源を販売するなど、不要物の最適な処分を助けるPFである。利用企業はLINEを通じて不要物の写真を送信することによって見積りの依頼が可能であり、「ReSACO」を用いることで、様々な選択肢から最適な方法を選択肢、不要物を処分することが可能となる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

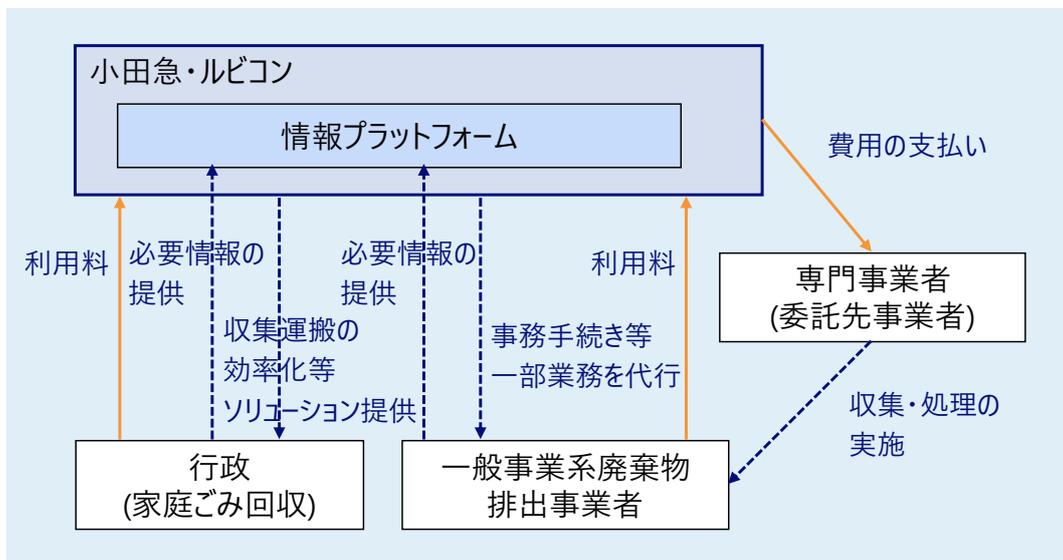
PFの基本は売り手と買い手をつなぐマッチングサービスであり、排出事業者には情報収集の工数削減というメリットを提供している。単純に売り手と買い手をダイレクトマッチングするのみではなく。他社サイトやフリマサイト、オークション等を選択肢に加えることで、多様な売り先を提供している。また、過去の取引データを用いたAI解析で、商品に適した売り方や最適価格を排出事業者に提供することで、サービスの利用価値を向上させている。また、販売ができないものについても廃棄物処理を請け負うことでユーザーの利便性を高めている。

14. 廃棄物収集の業務効率化（小田急）

表 2.2-15 「廃棄物収集の業務効率化」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	小田急電鉄株式会社（東京都渋谷区）、 ルビコン・グローバル社（アメリカ）
コアバリュー	静脈産業の効率化
取扱対象物（情報）	事業系一般廃棄物、家庭ごみ
対象地域	座間市

図 2.2-17 「廃棄物収集の業務効率化」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

小田急電鉄（東京都）及びルビコン・グローバル社（アメリカ）が提供する事業は自治体と連携し、廃棄物の回収を行うサービスである。PF では家庭ごみの収集車に設置した端末より得られた情報を用いルビコン社のシステムを用いて収集業者に効率的な回収ルートや人員配置を提案する。また、事業系一般廃棄物については回収業者と排出業者をマッチングし、回収効率の向上を行う。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

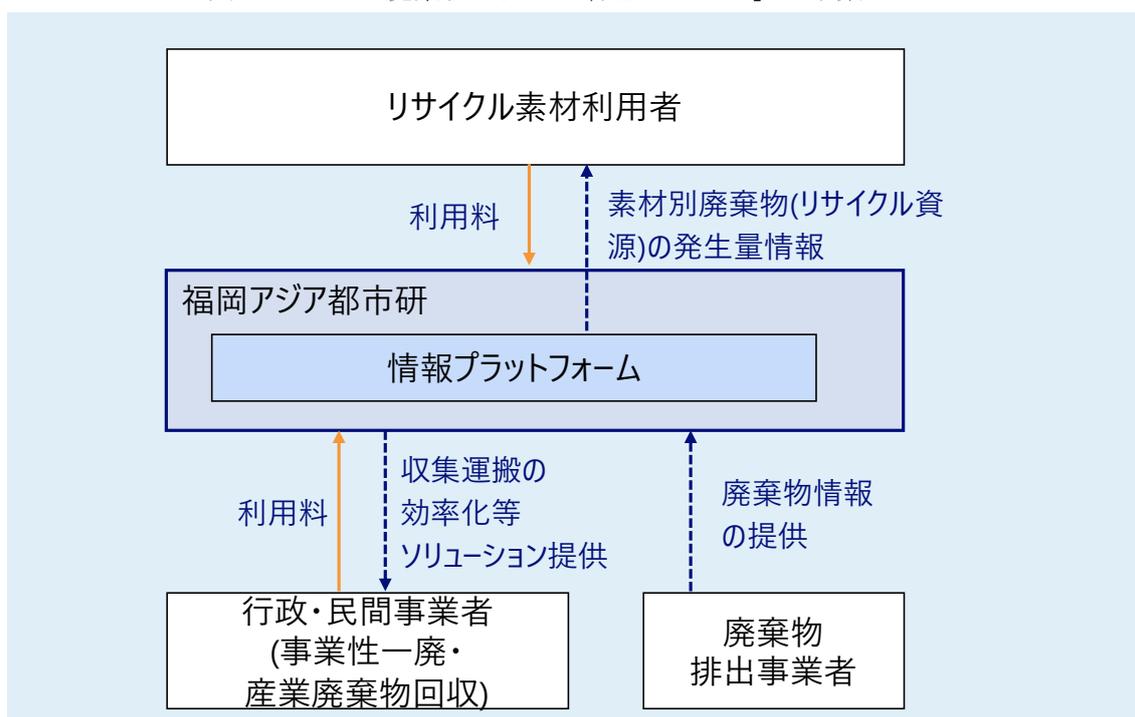
家庭ごみの回収事業では、回収ルートの最適化や、欠員時の調整等を行う。事業系一般廃棄物については廃棄業者と収集業者のマッチングを行い、排出企業には有料事業者の収集サービスとして実施する。PFは収集車にカメラ等のセンサーを用いるが、初期コストを軽減するために、最初は以上報告からスタートする。また、自治体ごとの拡大が可能であるため、最初は座間市で事業をスタートしたが、他の自治体にも展開することが可能である。

15. 廃棄物のデータ管理システム

表 2.2-16 「廃棄物のデータ管理システム」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	公益財団法人福岡アジア都市研究所（福岡県）
コアバリュー	廃棄物情報のデジタル化による排出傾向把握
取扱対象物（情報）	事業系ごみ全般
対象地域	福岡市を中心とした実証を検討中

図 2.2-18 「廃棄物のデータ管理システム」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

福岡アジア都市研究所が展開する「廃棄物のデータ管理システム」は、事業系一般廃棄物、産業廃棄物を中心に、事業者ごとの排出量やその廃棄物の内容について記録し、データ活用を進める PF である。これまでアナログ管理であった廃棄物関連の情報をデジタル化することで、様々なプレーヤーが活用可能なデータを提供する。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

情報をデジタル化することで、廃棄物の収集ルート効率化や、排出傾向の把握による行政施策へのインプットデータ化が可能になる。また、本来は収集の度にごみを詳細に調べて特定する必要がある、内容物の細かい分類に関して事業者の属性や、場所、天候等の関連データから推計することが可能になる。このように、これから排出される廃棄物の種

類と量に関するデータを活用することにより、リサイクル材の安定供給、付加価値増大につなげ、最終的に処分される廃棄物の量を減らす取組の検討が行われている。

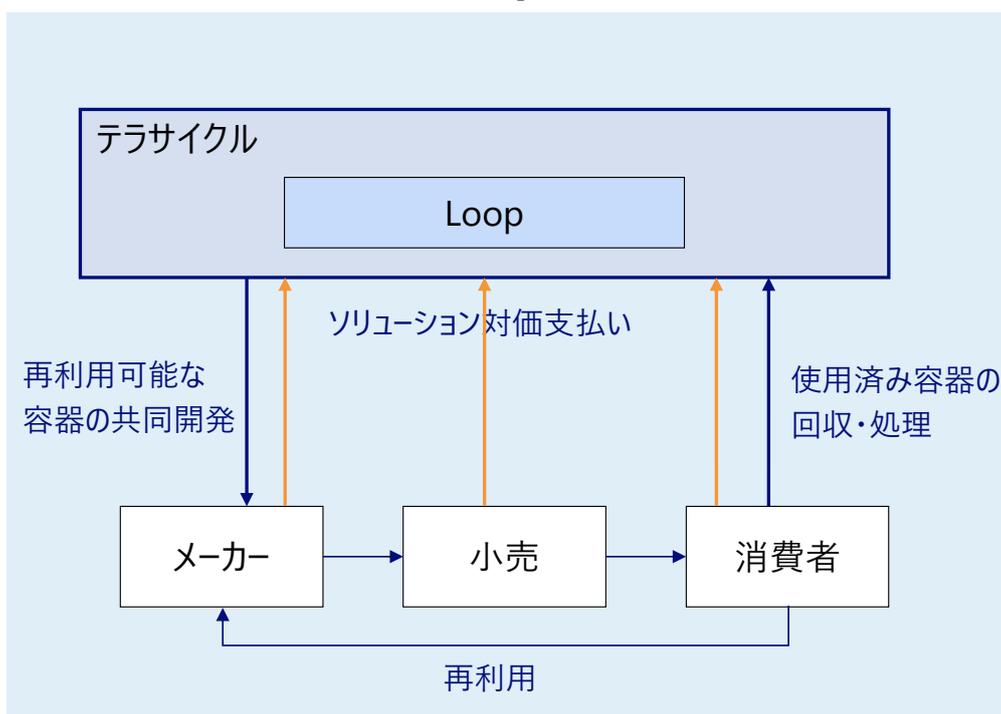
PFの収益源としては、短期的にはデータ活用による収集の効率化や、政策立案に向けたデータ提供による行政からの予算獲得が中心となる。ただし、中長期的な構想の中で、リサイクル材の付加価値向上に資するPFとして整備することで、収益源を分散化することが可能になる。

16. Loop (TerraCycle)

表 2.2-17 「Loop」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	TerraCycle（アメリカ）
コアバリュー	消費財容器をリユースする仕組みの構築
取扱対象物（情報）	消費財のリユース容器
対象地域	グローバル

図 2.2-19 「Loop」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

TerraCycle 社（アメリカ）が展開する「Loop」は、食品や化粧品等の消費財について、容器を回収・洗浄してリユースする PF である。これまでプラスチックで製造されてきた消費財の容器を、メーカーとの共同開発によりステンレス等の耐久性がある素材を使用した容器とすることで、複数回利用可能とした。さらに、使用済みの容器を消費者から回収し、洗浄・分別・再補填・運搬を協力会社と連携して行うことで、製品を再び消費者のもとへ届けている。

【プラットフォームのビジネス詳細】

（提供価値と対価の設定、その他の要点）

リユース容器はプラスチック容器と比較すると初期製造コストは高くなるものの、複数回利用することでトータルの容器製造コストを下げる事が可能である。さらに、リユ-

ス容器とすることで容器の機能性・デザイン性の向上にもつながるため、消費者が使いたくなる製品デザインとすることに成功している。

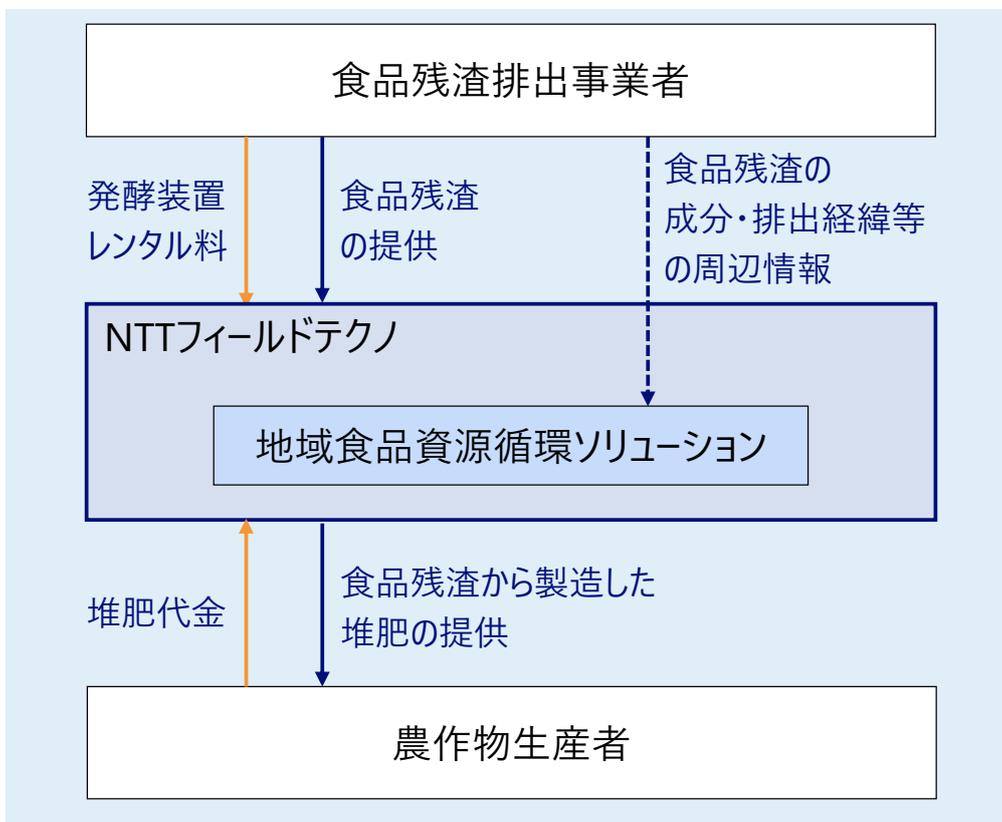
また、消費者は、Loop の EC サイト、又はテラサイクルジャパン社と提携するイオンの一部店舗において Loop 製品を購入することができる。容器返却の際は、EC サイトで購入した製品の使用済み容器は消費者の自宅へ業者が回収に回り、店舗で購入した製品の使用済み容器は、店舗内の回収ボックスにて回収する。このように、消費者の手間をかけず手軽に利用できるサービスとなっていることも利用を促す一つの特徴である。

17. 地域食品資源循環ソリューション

表 2.2-18 「地域食品資源循環ソリューション」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	株式会社NTT フィールドテクノ（大阪府大阪市）
コアバリュー	食品残渣のリサイクルプロセス構築、食品残渣の量や状態等に関する情報の一元管理
取扱対象物（情報）	食品残渣、堆肥、食品残渣の量や状態等に関する情報
対象地域	日本国内全国

図 2.2-20 「地域食品資源循環ソリューション」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

NTT フィールドテクノ社（大阪府大阪市）が展開する「地域食品資源循環ソリューション」は、小売店舗や食品加工会社等の食品管理事業者から排出される食品残渣について、堆肥にリサイクルして農作物生産者へ販売する仕組みである。食品管理事業者より排出される食品残渣のシーズと、農作物生産者の堆肥へのニーズをつなぐことで、食品ロス及び食品残渣廃棄コストの削減を実現するとともに、地域経済の活性化に貢献している。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

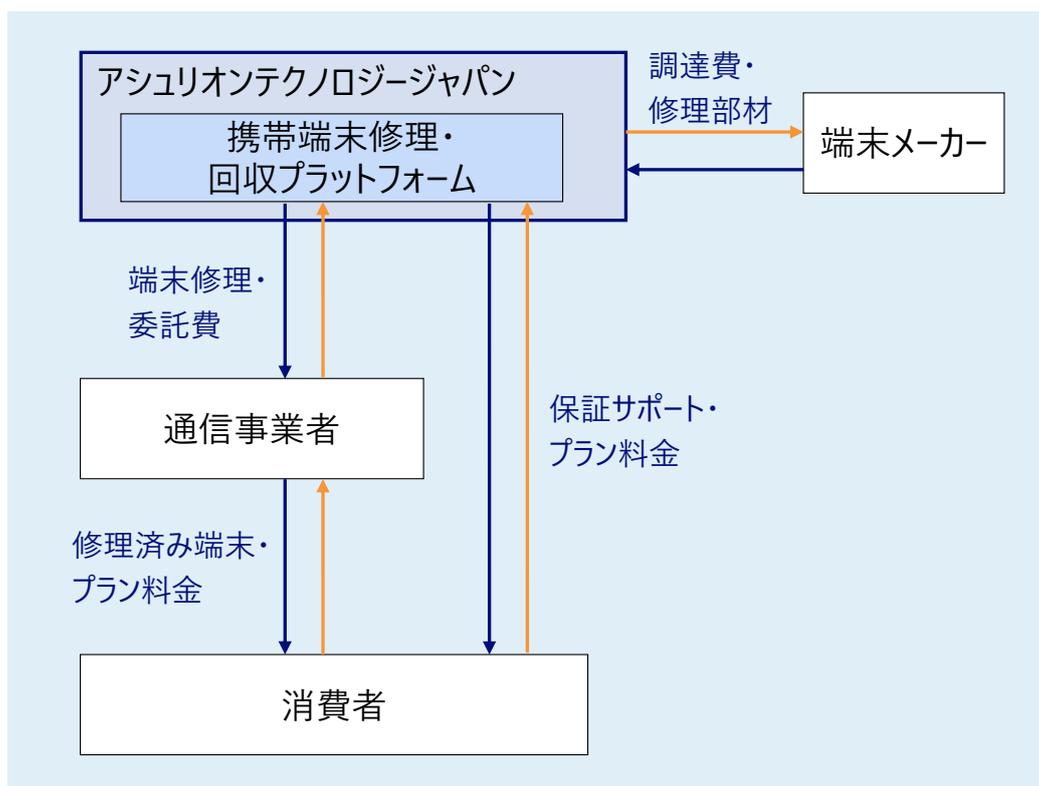
NTT フィールドテクノ社は、協力会社であるウエルクリエイトが製造する食品残渣発酵分解装置を食品管理事業者へ貸し出すと同時に、発酵物のデータをクラウドシステムにより管理し、発酵物の最適な収集・配送を行う。一次発酵物の一部はリサイクルセンターにて二次／三次発酵物となり、農作物生産者のニーズにあわせた完熟堆肥・土壌改良材を生産して販売する。PF 参加者は、食品残渣の量・発酵状態などの情報を、インターネットを経由してリアルタイムで取得可能である。

18. 携帯端末修理・回収プラットフォーム（アシュリオンテクノロジージャパン）

表 2.2-19 「携帯端末修理・回収プラットフォーム」の基本情報

運営者（本社所在地）	アシュリオンテクノロジージャパン株式会社（東京都）
コアバリュー	様々な携帯電話端末の自社修理・リサイクル
取扱対象物（情報）	携帯電話端末
対象地域	日本国内全国

図 2.2-21 「携帯端末修理・回収プラットフォーム」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

アシュリオンテクノロジージャパン社（東京都）は、iPhone 及び Android のスマホ両方の修理に対応可能な、国内有数の登録修理業者である。同社が展開する携帯端末修理・回収 PF（正式名称不明）では、複数メーカーの携帯電話端末について、端末保証や修理サービスを一括して提供している。

（公開情報以上の情報が取得できないため Asurion 社（アメリカ）との関連性等は不明である。）

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

大手通信キャリアの端末保証・修理プランを受託請負しているほか、アシュリオンテクノロジー・ジャパン社独自のユーザー個別端末保証・遠隔サービスも展開している。

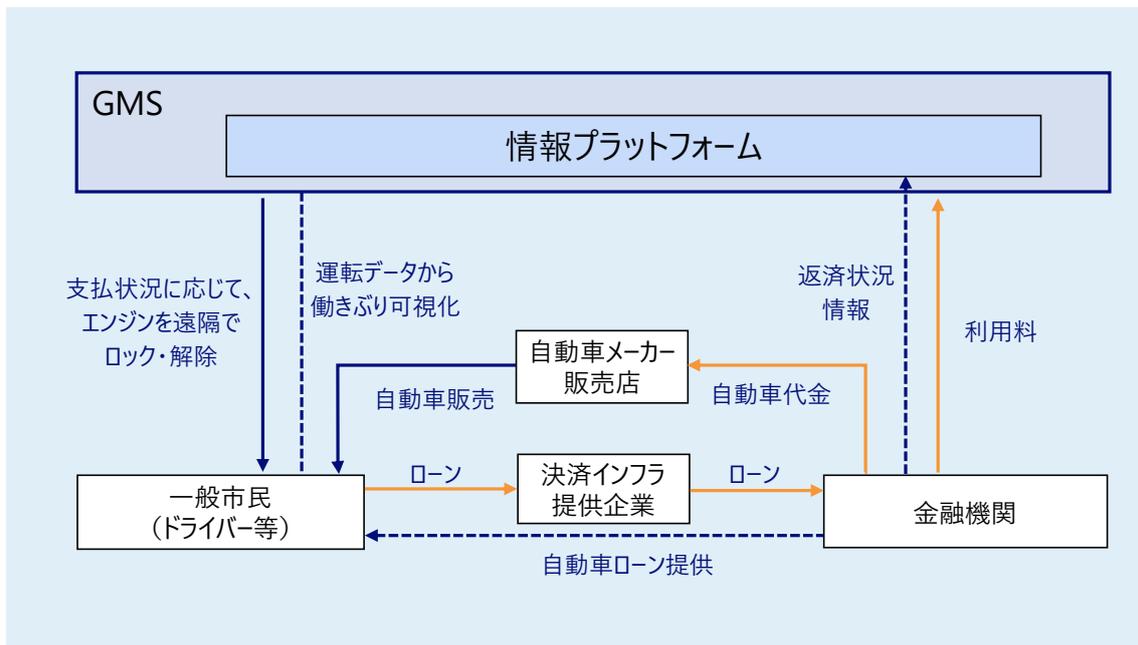
PFを通じて取得できる情報の利活用について詳細情報は公開されていないが、スマートフォンの破損・不具合に関するデータを収集することにより、自社の提供プランの修正や、端末メーカーへの情報提供サービスに活用可能なのではないかと考えられる。

19. GMS

表 2.2-20 「GMS」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	Global Mobility Service 株式会社（東京都）
コアバリュー	テックを活用したマイクロファイナンス
取扱対象物（情報）	自動車等の運転データ、支払情報
対象地域	フィリピン、カンボジア、インドネシア等

図 2.2-22 「GMS」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

Global Mobility Service 社（東京都）のサービスでは、自動車に設置されたセンサーで運転状況を可視化することでローンが組めない貧困層等にローンの提供が可能となる。支払いが滞った場合、自動車を遠隔でロックすることができるため、返済を担保することが可能である。貧困層へのローン提供を可能とすることで、自立を促し、社会課題である貧困問題の解決にもつながる。

【プラットフォームのビジネス詳細】

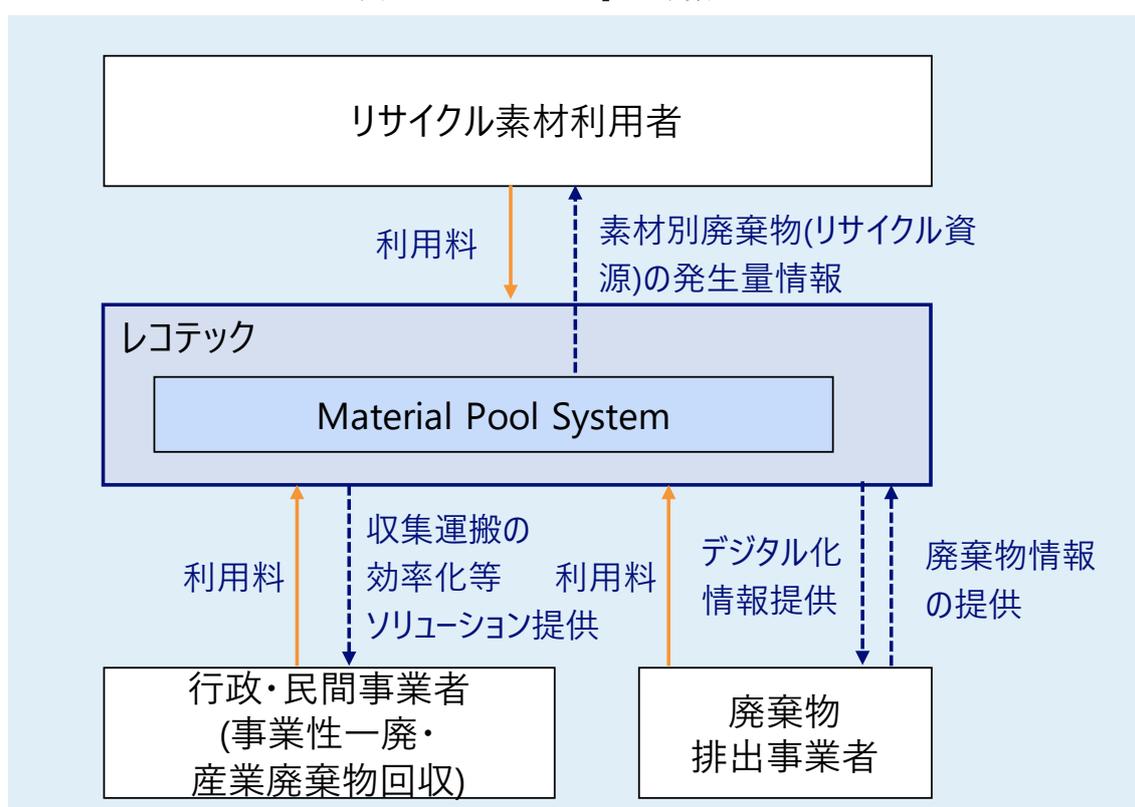
FinTech・IoTを用いて、従来ローンを組むことができなかった層にローンを提供することで、貧困層への自立を促すことが可能となる。さらに、ローンを提供する金融機関や、ローンの返済を仲介する決済システム提供企業、自動車販売会社に新たな顧客を斡旋することが可能となる。社会課題の解決にもつながる PF であるため自治体等も巻き込むエコシステムを構築している。

20. Material Pool System (MPS)

表 2.2-21 「MPS」プラットフォームの基本情報

運営者（本社所在地）	レコテック株式会社（東京都）
コアバリュー	廃棄物情報のデジタル化による排出傾向把握
取扱対象物（情報）	事業系ごみ全般
対象地域	日本国内各地

図 2.2-23 「MPS」の事業スキーム



【プラットフォームの概要】

レコテック社（東京都）のサービスでは、事業系一般廃棄物、産業廃棄物を中心に、事業者ごとの排出量やその廃棄物の内容について記録し、データ活用を進める PF である。これまでアナログ管理であった廃棄物関連の情報を情報管理アプリ “GOMiCO” を活用してデジタル化することで、様々なプレーヤーが活用可能なデータを蓄積・提供する。

【プラットフォームのビジネス詳細】

(提供価値と対価の設定、その他の要点)

情報をデジタル化することで、廃棄物の収集ルートの効率化や、排出傾向の把握による行政施策へのインプットデータ化が可能になる。また、排出者側もアプリを利用したデータ管理により、排出量削減の取組モチベーション、管理能力を得る。さらに、廃棄物の種類と量に関するデータを活用することにより、リサイクル材の安定供給、付加価値増大につなげ、最終的に処分される廃棄物の量を減らす取組の検討が行われている。

PFの収益源としては、短期的にはデータ活用による収集の効率化等のサービス利用料や排出側利用者のアプリ利用料が中心となる。ただし、中長期的な構想の中で、リサイクル材の付加価値向上に資するPFとして整備することで、収益源を分散化することが可能になる。

2.2.3. 今後のプラットフォーム構築に対する示唆抽出結果

価値提供モデルの分類

各既存 PF の事例調査から抽出された、PF 構築及び運営におけるポイントは、PF の価値提供モデル及びその機能に紐づけて整理が可能である。

調査前の初期仮説としては、「どのような対象に向けて価値提供をしているか」、「収益構造モデルはどのようなものか」について6パターンずつを想定し、調査対象 PF を分類していた。しかし、調査の結果、PF 構築及び運営におけるポイントを整理する上では、調査対象 PF は「価値提供モデル」ごとに以下のような3パターンにまとめられると考えられる。

- a. 取引の需給をつなぐモデル
(主な提供機能：紹介・マッチング、ワンストップ代行、買取・評価)
- b. ビジネスプロセスを支援するモデル
(主な提供機能：効率化、トレース管理、販売流通・回収)
- c. 外部事業者・アプリケーションの提供基盤となるモデル
(主な提供機能：共通データ基盤、基本 OS、共通アクセス先)

調査対象 PF ごとにどのパターンに当てはまるか、もしくはパターン外の独自の価値提供モデルを持っているかは表 2.2-22 の通りである。

表 2.2-22 調査対象 PF に対する価値提供モデルごとの再分類

		a. 取引の需給をつなぐモデル	b. ビジネスプロセスを支援するモデル	c. 外部事業者・アプリケーションの提供基盤となるモデル	d. その他
1	リサイクルハブ	○	△	-	-
2	Back Market	-	-	-	○
3	Food Trust	-	○	-	-
4	廃棄物収集の配車、業務電子化、廃棄物移動可視化 (白井 G)	△	○	-	-
5	ERP	○	-	-	-
6	スマート物流	-	○	-	-
7	ランドログ	-	△	○	-
8	MindSphere	-	△	○	-
9	Field System	-	△	○	-
10	Milk Cloud	-	○	-	-
11	福岡市包括ケア	-	○	-	-
12	Ridwell	-	△	-	○
13	ReSACO	○	○	-	-
14	廃棄物収集の業務効率化 (小田急)	○	○	-	-
15	廃棄物のデータ管理・分析 (URC)	-	○	-	-
16	Loop	-	-	-	○
17	食品残渣の堆肥化ソリューション	○	-	-	-
18	携帯端末の自社修理・流通管理 (Asurion)	-	-	-	○
19	GMS	-	--	-	○
20	廃棄物の発生・回収管理 (レコテック)	-	○	-	-

示唆抽出におけるプラットフォームの分類とそれぞれの特徴

本段では、既存 PF の調査から抽出された PF 構築及び運用におけるポイントについて整理を行い、それぞれにおけるベストプラクティスとしての事例について説明する。

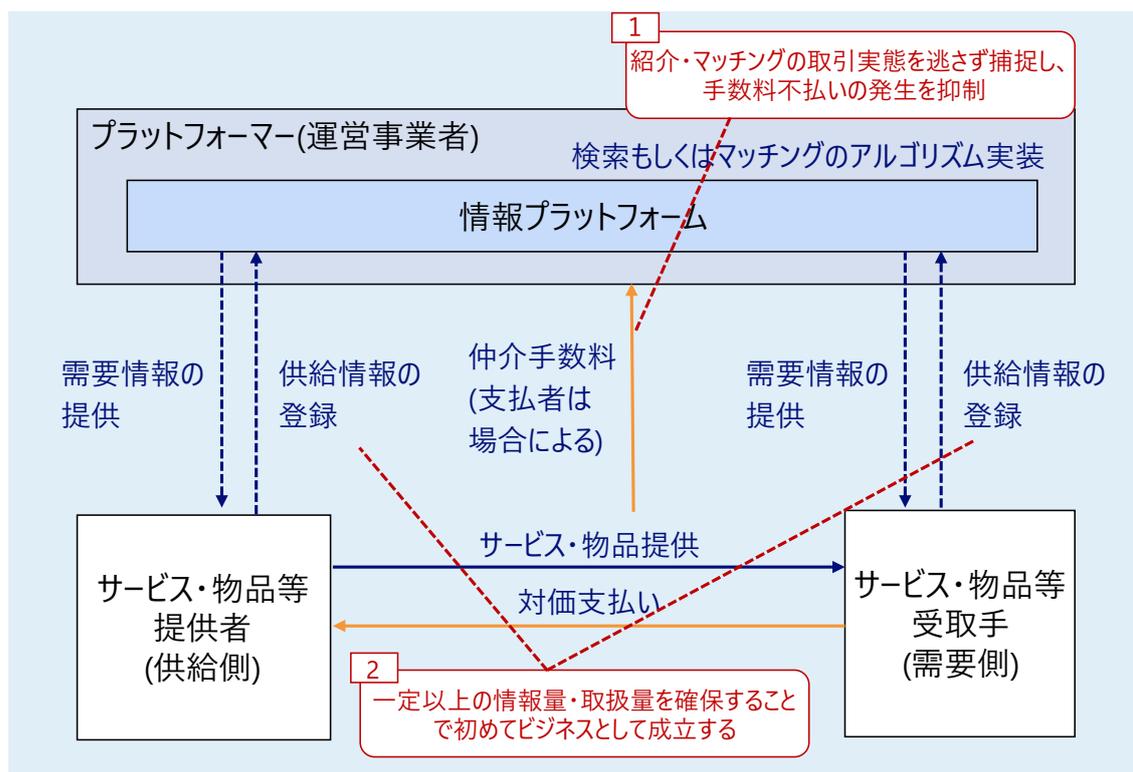
それぞれのポイントは、上記の価値提供モデルをさらに分解した、PF の提供する機能に紐づく形で整理する。

a. 取引の需給をつなぐモデル

取引対象となるサービス、使用済み製品、廃棄物等を保有・提供するプレーヤーと、それらの引き取り手・顧客となるプレーヤーをつなぐことで、新しい取引の発生や、取引の活性化を促す。提供機能として、紹介・マッチング、ワンストップ代行、買取・評価が挙げられる。

【紹介・マッチング機能】

図 2.2-24 紹介・マッチング機能の PF スキーム



「紹介・マッチング機能」においては、PF 側で取引対象となるサービス・物品に関する需要側、供給側両方の情報を収集し、利用者が設定した条件もしくは、マッチング用のアルゴリズムによって候補同士を結び付ける機能を提供する。

プラットフォームの収益としては取引成立時の仲介手数料を基本とする場合が多く、取引額に対する一定割合の徴収、定額での徴収等具体的な課金体系の設定はPFによって異なる。

紹介・マッチング機能の提供においては①料金徴収の確実な履行、②情報収集の戦略の大きく2点がPF構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 料金徴収の確実な履行

収益源を取引成立時の仲介手数料に置いている事業者が多いことから、取引実態の確実な補足及び正確な手数料の計算が、事業上必須となる。特に、2回目以降の取引においては、取引捕捉の戦略がない場合、プラットフォームに隠れて取引がなされる場合があり、安定した顧客基盤の形成に悪影響を与える。

この点に関して既存のPFでは、有機的なつながりを用いた働きかけや取引自体に関するスキームの設計で工夫を行っている。

- 業界の特色として、事業者のサイズが比較的小さく、かつ事業者間のつながりが濃い場合は、比較的力を持つ事業者がPF外での取引を持っている事業者を選択的にパートナーとして設定し、取引等の隠蔽リスクを低減する。
- 取引に際して、プラットフォームを通して金銭の授受をすることを義務付けることによって、取引実態の把握漏れリスクを低減する。その際、取引内容に関して不慣れた利用者に対する機能提供をコアのビジネスとすることで、PF上で取引することが安心を生むというインセンティブをつける。

② 情報収集の戦略

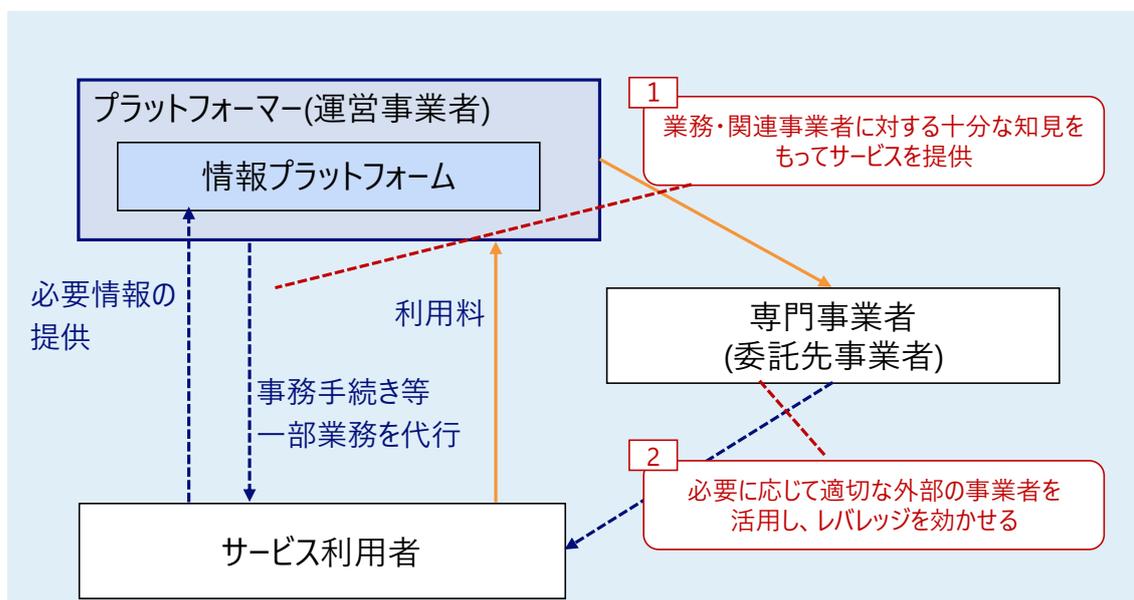
需要・供給両面のデータ量とその質が当該機能提供における付加価値の源泉となり、十分なデータが確保できていないと顧客候補となるプレーヤーからの認知・関心の獲得が難しく、その結果としてデータが集まらないという悪循環に陥る。

これを回避するために、サービスの提供開始までに十分なデータを取得するために以下のような施策を実施している。

- 提供する情報は、公開情報から取得可能な内容を中心とすることで事前に十分な情報収集の工数をかけ、事業開始時のデータベースの充実を図る。
- 使用済み製品の無料回収等の施策を打ち、供給側もしくは需要側のどちらかの情報を優先して充実させ、もう片方のプレーヤーからの魅力を高める（物品・事業者マッチング双方）。

【ワンストップ代行機能】

図 2.2-25 ワンストップ代行機能の PF スキーム



「ワンストップ代行機能」においては、サービス利用者に発生する諸業務について、プラットフォーム側が代行して実施する。基本的に、委託される業務はサービス利用者のコアビジネスとは異なるもので、サービス利用者側に業務遂行の知見がないが、法的な規制に関わっている等の理由で避けることができない場合が多い。具体例として廃棄物の処理等があげられる。

プラットフォームの収益としては、委託の手数料が中心となる。内容ごとに独立して価格設定がされる場合と、収集運搬・処理等の業務遂行にかかる費用と合わせての従量課金となる場合とがある。

ワンストップ代行機能の提供にあたっては、①業務・関連事業者に対する十分な知見、②必要に応じた外部事業者の活用が大きく2点がPF構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 業務・関連事業者に対する十分な知見

当該業務の前提として、業務及び関連法規の運用について十分な理解が求められる。②に示すように関連事業者との連携が必要な場合もあり、業界内のネットワークを持っていることがアドバンテージとなる。

- ・ 他社との差別化を図るにあたって、実績・具体的なネットワークの規模が評価の要素となることから、一定期間当該業界での事業を行っている企業がプラットフォームとなることが望ましい

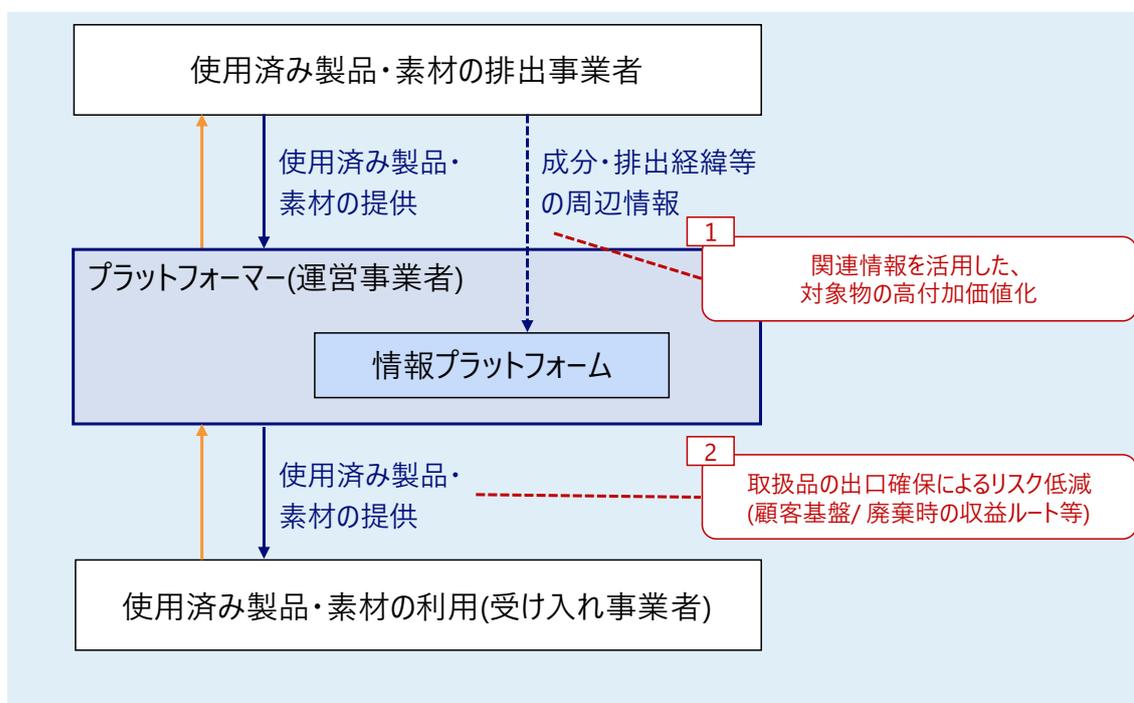
② 必要に応じた外部事業者の活用

具体例としてあげた廃棄物処理等、収集運搬・処理等の工数が発生する業務の受託においては、自社リソースのみでのビジネス拡大には限界がある。その点を補うため、事業の展開においては以下のポイントが求められる。

- 適切な外部事業者への再委託を利用することで、事業規模のレバレッジを効かせることが重要となる。その際、業務品質管理が重要であり、従前の事業での連携実績のある事業者等、信頼のおける提携先を確保する必要がある。

【買取・高付加価値化機能】

図 2.2-26 買取・高付加価値化機能の PF スキーム



「買取・高付加価値化機能」においては、使用済みの製品や素材等を一度プラットフォーム側で買い取り、何らかの付加価値をつけて販売する。基本としては通常の商取引であるが、買取に際して取得した情報の活用により、取引の活性化・付加価値の向上が可能であることから本検討において PF の一つの機能として取り上げる。

プラットフォームの収益としては、売上と買取額の差額となる。対象物の排出者が事業者である場合、廃棄時にコストがかかることが基本であり、その点をふまえた逆有償に近い買取額の設定がなされることが多い。また、本機能と直接関係はないものの、使用済み製品・素材の再販価値を取得した情報とともに収集することが可能であり、情報活用による別サービス等の構想につなげていくことが可能となる。

買取・高付加価値化機能の提供にあたっては、①関連情報を活用した対象物の高付加価値化、②取扱品の出口確保によるリスク低減、の大きく2点がPF構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 関連情報を活用した対象物の高付加価値化

収集した情報を付加価値に結び付けるロジックがPF構築の背景となり、その構成やスキームに影響する。具体事例から抽出された情報活用の内容としては以下のようなものがある。

- ・ 排出事業者の業種や製品（素材）の情報を取得することで、リサイクル処理実施後の製品の成分をコントロールし、販売先の需要と合わせてデジタル管理を進める。

② 取扱品の出口確保によるリスク低減

一度対象物を買取するという事業の性質上、在庫の発生及びその管理はコストに直結する。具体事例においては、PFの運営事業者の持つ特性を活用し、売れ残りによる長期在庫のリスクを低減していることが多い。

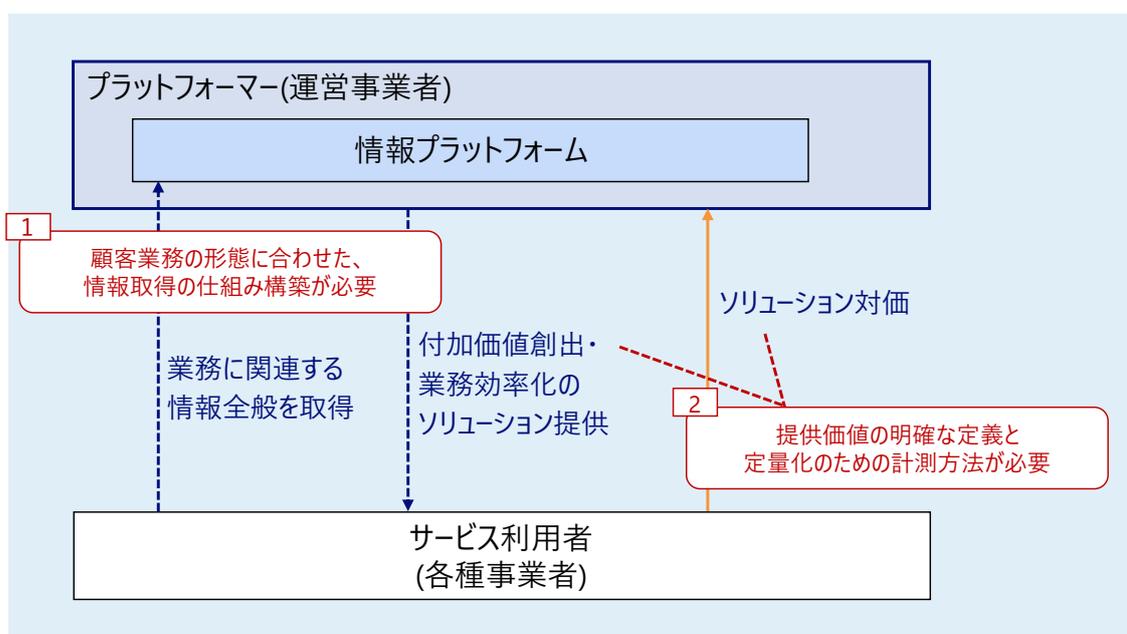
- ・ リユース想定での買取を実施するにあたって、リサイクル事業を持っている事業者がプラットフォームとなることで、長期在庫が懸念される製品に関しては低コストでのリサイクル実施が可能となる。
- ・ 自社グループが持つ顧客基盤を活用し、対象物の販売を行うことで、一定以上の需要を見込むことができると同時に①における情報取得もスムーズに実施可能となる。

b. ビジネスプロセスを支援するモデル

(主な提供機能：効率化、トレース管理、販売流通・回収)

【データを用いた従来業務の効率化機能】

図 2.2-27 データを用いた従来業務の効率化機能の PF スキーム



「データを用いた従来業務の効率化機能」においては、サービス利用者の従来業務について、広範な関連情報の収集・活用を通じて業務効率化のソリューションを提供する。

プラットフォームの収益としては、提供したソリューションによる業務効率化の価値ベースでの利用料徴収が基本的な考え方となるが、実際にはデータ取得のためのセンサー利用料や分析にかかるリソース等コストベースでの利用料設定となっている場合が多い。

データを用いた従来業務の効率化機能の提供にあたっては、①顧客業務の形態に合わせた情報取得の仕組み構築、②提供価値の明確な定義と定量化のための計測方法の大きく2点がPF構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 顧客業務の形態に合わせた情報取得の仕組み構築

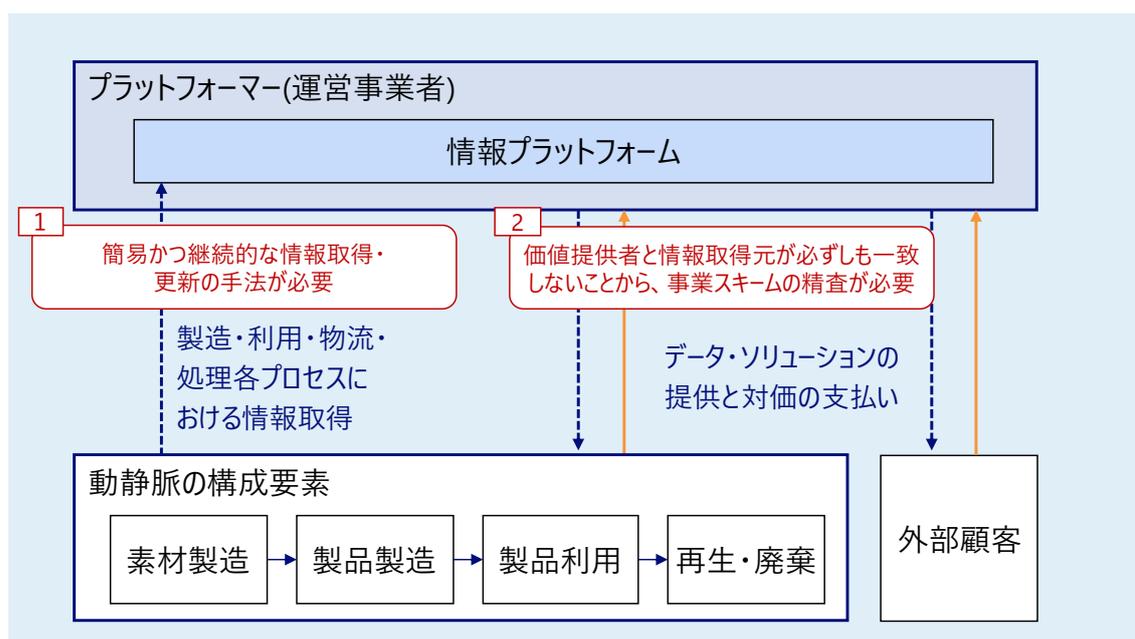
顧客業務自体の分析を実施することから、業務に関連する広範な情報収集が求められる。情報収集にあたって、作業従事者への負担をかけずにかつ安価な方法が求められ、適切なデバイス・センサーの活用を検討する。

- ・ 連絡用の通信資材や、移動・作業用の車両等のコアとなるデバイスへのセンサー設置により、作業従事者の業務内容を増やさずに情報収集を実施する。

- 位置情報と合わせた画像等、一つの施策で複数の情報を収集し、複数用途での効率化や他の調査等の業務を代替することで、コストを分散させる。
- ② 提供価値の明確な定義と定量化のための計測方法
- 利用料の設定において、ソリューション価値の計測は多くの事例で課題となっている。提供価値について明確な定義を規定し、その測定方法を示し、サービス利用者の理解を得る必要がある。
- コストの削減を価値に置いた場合、ソリューションが直接作用する範囲でのコストについて導入前後の数字を特定することが難しい場合が多く、対象物の収集ルート最適化の事例では、多くの要因が作用するルートの変更ではなく、顧客ニーズの情報と組み合わせることで既存ルートを変えずに（コストを変えずに）売り上げが向上する施策を提案している。

【トレース管理機能】

図 2.2-28 トレース管理機能の PF スキーム



「トレース管理機能」においては、プラットフォームは対象物の加工・使用・廃棄・処理等の一部もしくは全体の過程についての情報を一元化して収集・管理する。取り扱う情報は対象物の数量及び位置情報を基本として、使用情報や受けた処理等必要な情報を追加する。

プラットフォームの収益としては、トレーサビリティの提供によるサービス利用料、収集・分析した情報の提供による対価、収集情報の自社別ビジネスへの活用等複数のパターンが考えられる。

トレース管理機能の提供にあたっては、①簡易かつ継続的な情報取得・更新の手法、②事業スキームの精査の大きく2点がPF構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 簡易かつ継続的な情報取得・更新の手法

マテリアルフロー上の多地点かつ事業者をまたがって情報を取得する必要がある場合が多く、また継続性も求められることから、できるだけ簡易で低コストな情報取得の手法が求められる。

- ・ 分別されていない対象物の種類別の回収量等、毎回の詳細な計測が難しい情報についてニーズがある場合、回収元の属性や気候情報等の関連する情報からの推計を行い、定期的な詳細の計測によってキャリブレーションを行うという方法が考えられる。
- ・ 情報取得の対象を広げるにあたって、マテリアルフロー上で力を持つ事業者に魅力的なソリューションを提供することで、関連事業者への働きかけを促す場合がある。このような場合は、負担の適正化のため②で述べるような事業スキームの精査が必要になる。

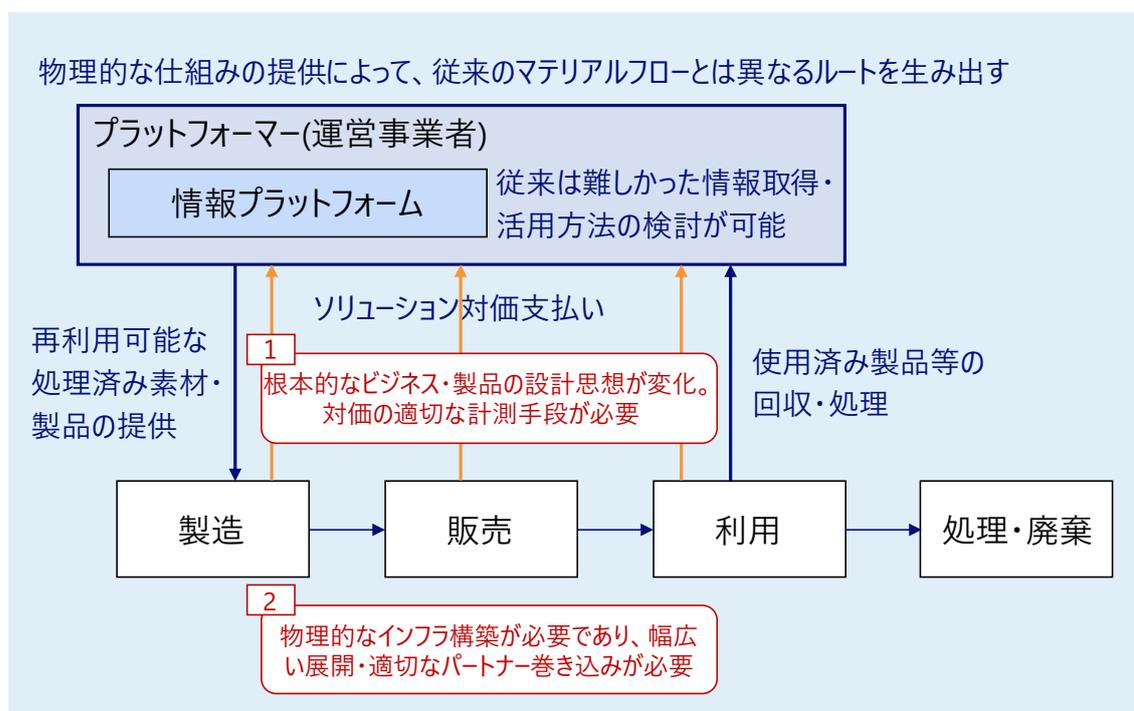
② 事業スキームの精査

機能提供において、プラットフォームによるソリューションやデータ提供の対象となる事業者（受益者）と、データ取得元の事業者が異なる場合があり、PFへの参加者ごとに適切な負担について設定する必要がある。

- ・ 製品加工のサプライチェーン上のトレーサビリティ情報を得るに当たり、中間の加工事業者が情報提供を実施するメリットが薄くなることから、PFへの参加料を安価に設定し、大きなメリットのある下流の大企業の負担を大きくする。
- ・ プラットフォーマーを関連する事業者の共同出資によって作り、非営利かつ財務情報等がオープンな事業として参加者の負担に対する納得性を高める。

【販売流通・回収機能】

図 2.2-29 販売流通・回収機能の PF スキーム



「販売流通・回収機能」において、プラットフォームは製造から廃棄まで直線的に流れる従来のマテリアルフローに対して回収・再生の物理的な仕組みを提供することで、資源の循環利用を可能にする。回収機能との接続を意識して、製品販売に関わる場合がある。静脈側の機能を一つの PF で提供することで、情報の一元管理が可能である他、新しいマテリアルフローを意識した製品・ビジネスの設計思想の変化により、新しい情報取得・活用が可能になる場合がある。

プラットフォームの収益としては、使用済み製品の排出者からの利用料、販売事業の売上、PF に参加する製造事業者からの利用料等、提供価値に応じて様々な形態が想定される。

販売流通・回収機能の提供にあたっては、①ビジネスモデルの設計、②物理的なインフラ構築に際したパートナー巻き込みの大きく 2 点が PF 構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① ビジネスモデルの設計

前述の通り、この機能提供によりマテリアルフローが変化し、それによる製品・ビジネスの設計思想に変化が発生する。新しいマテリアルフローの構築によって利益を得るプレーヤーからの収益獲得のため従来と異なるビジネスモデルの設計、情報の活用を含めた検討が必要になる。

- 製品設計の変化によるマテリアルフロー及び製品ライフサイクルの変化から、従来と異なる情報取得・活用やビジネスモデルの構築が可能となる。

② 物理的なインフラ構築に際したパートナー巻き込み

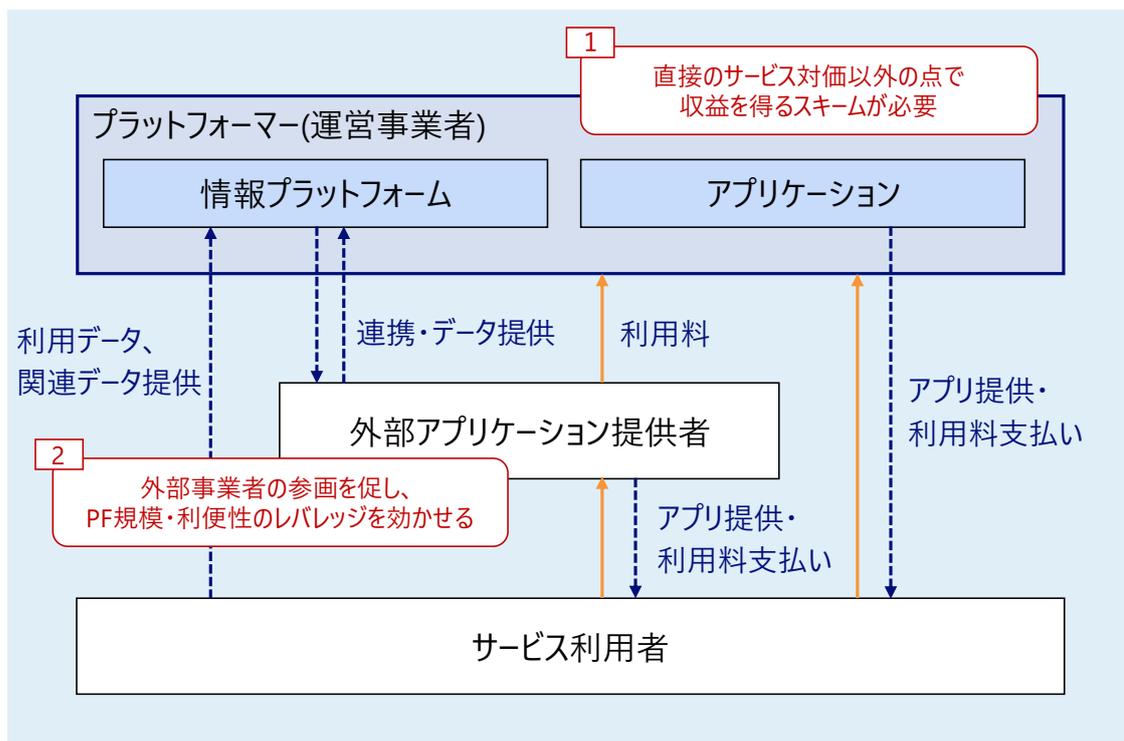
マテリアルフローを従来から変更するにあたって、物理的なインフラ構築が必要になる。具体的には、使用済み製品の回収・処理、場合によっては回収と連動した販売・配送の仕組みがあげられる。展開のスピード感確保のためには、パートナーを巻き込みながらの推進が必要となる。

- 製品の配送・回収・処理の作業を実施するパートナーの巻き込みだけでなく、一般消費者との接点、回収拠点を提供可能な小売店や、新しい製品デザインに必要な機能を持つ企業をプラットフォームが巻き込んで利用者に提供可能にする。
- PFの利用者・パートナーの拡大のため、財務情報等を可能な限り公開し、透明性を上げることにより信頼を獲得することが可能となる。

- c. 外部事業者・アプリケーションの提供基盤となるモデル
 (主な提供機能：共通データ基盤、基本 OS、共通アクセス先)

【OS・共通データ基盤機能】

図 2.2-30 OS・共通データ基盤機能の PF スキーム



「OS・共通データ基盤機能」においては、プラットフォームはセンサー等の情報取得の手段やデータベースとしての情報 PF、基本的な機能を実現するアプリケーションを提供し、サービス利用者の基盤作り及びデータの蓄積を行う。そしてこのサービス利用者の基盤及び蓄積データを活用したビジネス展開を進める。

プラットフォームの収益としては、サービス利用者からの利用料、外部のアプリケーション提供者からの利用料及び、獲得した利用者の基盤や蓄積データを用いた別ビジネスの収益等があげられる。既存の事例においては、別ビジネスからの収益がコアビジネスとなっていることが多い。

OS・共通データ基盤機能の提供にあたっては、①直接のサービス対価以外の収益スキーム、②外部事業者の参画による PF 規模・利便性のレバレッジの大きく 2 点が PF 構築・運用におけるポイントとして挙げられる。

① 直接のサービス対価以外の収益スキーム

前述の通り、既存事例においては直接的な PF の機能に対する利用料以外の収益源を重視していることが多い。これは、機能提供にあたって、利用者の基盤強化が付加価値増大のポイントであり、利用料等を低く抑えることが重要であるからである。

- toB の PF では、提供機能によってロックインした顧客基盤に対して、PF との親和性の高い自社主力事業のハードウェアを販売することでその他のコストを回収するという構造が多い。

② 外部事業者の参画によるプラットフォーム規模・利便性のレバレッジ

①で述べたように、利用者の基盤強化が付加価値増大のポイントになっており、そのための施策として外部事業者の参画促進がある。外部の事業者が PF の利用者の基盤と蓄積データを活用し、PF 上で運用するアプリケーションを開発提供する。これにより PF の利便性が高まり、更なる利用者の基盤強化となる。

- アプリケーション提供の外部事業者のみならず、利用者の基盤強化、データ収集のために競合製品のハードウェアに取り付け可能なセンサー等を供給することがある。

2.3. 資源循環に関する情報プラットフォームのあり方に関する検討

資源循環に関する情報 PF のあり方について、対象物や交換する情報、仕組み設計等の組み合わせから 20 テーマを具体的な検討対象として設定し、共有すべき情報、その取得方法、実現に向けた課題などを検討、整理した。

基本方針

一般的には、PFの実現にあたっては、複数プレイヤーによるサプライチェーン連携が必要であり、そのため、様々な利害関係が生じることからも総論賛成、各論反対といった状況に陥りがちな点が懸念される。

PFのあり方検討にあたっては、PFの構成要素を具体化することは必要条件であるが、より重要視すべきは、PF構想を実現するための段階的／多面的アプローチである。

以下に、NRIが認識する、PF実現に向けた重要課題と解決アプローチを示す。

表 2.3-1 調査における重要課題とアプローチ

PF実現に向けた重要課題	解決アプローチ
参画プレーヤが多くなるほど、総論賛成・各論反対に陥りやすく、PFの検討が進まない	先行取り組みを行う主体、あるいは高い関心をもつ主体など、キープレーヤを中心とした検討を行う
中長期的な取り組みが必要となるPF構想では、検討・解決すべき課題が山積し、PFに向けた取り組みが進まない	将来的なPF構想をもちつつ、短期的に実行できる取り組みや、コア（種）となる技術・システムの具体化を中心に検討する
PF構想の意義やメリットは理解できるものの、誰がPFの構築・運用を担うのか、実行主体が決まらない	資源循環PFには公的な意義もあることから、他の公的PF事例や動脈産業のPF事例、また行政や金融などの第三者の意見等も踏まえて検討する

調査方法

(1) 検討テーマ及び優先順位

各テーマによって、PF 実現の必要性（社会的意義）や可能性、また実現に関わる主体（プレイヤー）や実現に向けた課題、実現によって得られる効果などが多種多様となるため、より具体性のあるテーマについては重点的に調査・検討を行った。

具体的には、検討対象とした 20 テーマを、A) メインテーマ、B) 類似テーマ、C) サブテーマの 3 つのカテゴリーに分けている。3 つのカテゴリーの位置付け及び調査アプローチは以下の通りである。

【検討テーマに関わる優先順位】

- A) メインテーマ：優先して調査検討するテーマとして 6 テーマを選定した。各テーマに関心があると想定される企業や有識者にヒアリングするとともに、PF 構想案を具体化しつつ、各検討事項に関する議論を通じて実現可能性や今後の課題を抽出・整理した。
- B) 類似テーマ：メインテーマに類似した PF であるため、ヒアリング等を行わずに、メインテーマとは異なる特徴を踏まえ、想定される課題を検討・整理した。
- C) サブテーマ：サブテーマについては、より中長期的なアプローチが必要なテーマであり、具体的な構想を検討することは容易ではないことから、企業や有識者等のヒアリング等を踏まえつつ、実現に向けたニーズや課題などを検討・整理した。

図 2.3-1 優先テーマの進め方

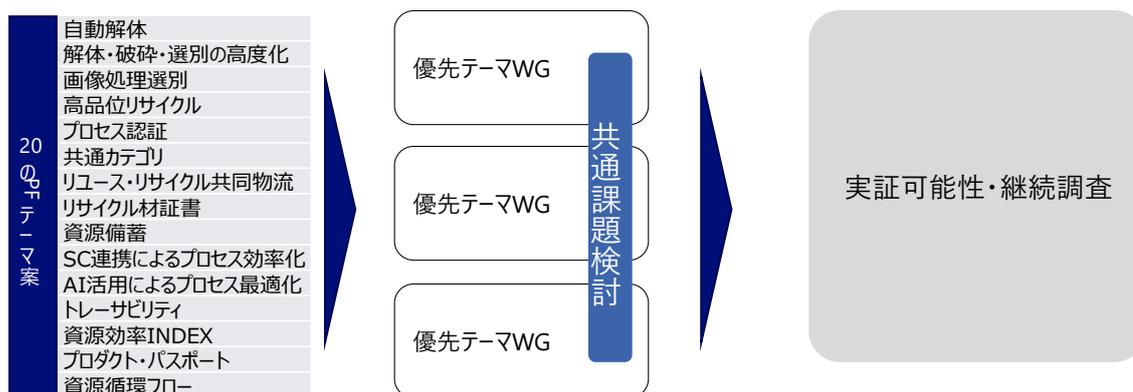


表 2.3-2 資源循環に関する情報プラットフォームの検討テーマ一覧（1 / 2） ※優先度 A：メインテーマ B：テーマAの類似

	テーマ	対象	仕組み・機能	資源循環PFの意義・役割	主な情報	主なプレーヤ	優先度
①	解体・選別の高度化	家電等	製品データを活用した自動解体によって、手解体作業を自動化する	製品データ等の機密性を保ちつつ、自動解体に必要なデータ等をロボットに移植する	製品データ、自動解体データ等、	・ 家電メーカー ・ リサイクラ	A
②	解体・選別の高度化	自動車	メーカ提供の製品データに基づく解体・選別手法により、より多くの資源を高品位に回収する	製品データ等の機密性を保ちつつ、解体手法やリサイクル対象物・分類などの情報提供する	製品データ、回収対象、分類、解体・破碎・選別手法	・ 自動車リサイクラ ・ 自動車会社	B
③	画像処理選別	電子部品	AI画像処理によって、多種多様な対象物を画像選別し、品位や成分等に適した処理を可能とする	多種多様な対象物の選別データを各プラントから集約し、学習効果によって選別精度を高める	画像データ、分類カテゴリ、学習済アルゴリズム	・ リサイクラ	A
④	画像処理選別	小型二次電池	同上	同上	同上	・ リサイクラ	B
⑤	適正処理	太陽光発電パネル（PV）	PVのトレーサビリティ管理のネットワークにより、効率的な回収、診断、リユース・リサイクルを促進する	排出量の将来的な増加が見込まれる使用済みPVの適正処理ルートを確保する	製品型式、排出者、運搬、診断、リユース・リサイクルの結果	・ リユース診断事業者 ・ リサイクラ	A
⑥	品位別リサイクル	工程スクラップ	発生場所での新断ものをグレード分けし、ブレード別に回収して、より高品位なリサイクルに回す	グレード分けの方法を共有化し、複数の排出場所から集約して、ロット処理しやすくする	排出者、グレード分け、発生量、受入先	・ 選別事業者 ・ 電炉事業者	A
⑦	品位別リサイクル	非鉄スクラップ	非鉄製錬側の要求水準に基づいて破碎・選別等を行い、より高品位で高付加価値のスクラップを回収する	要求水準を介した非鉄製錬とリサイクルのマッチングによって、高品位な選別に関わる取引状況を共有する	要求水準（品質・形状や梱包、選別方法など）	・ 選別事業者 ・ 非鉄製錬事業者	B
⑧	共通区分	主に産業廃棄物	各工場から排出される廃棄物・資源物の区分を共通化する	管理システムによって排出状況を可視化し、回収や処理等のマッチングを容易にする	廃棄物・資源の種類、排出量、排出場所、梱包形態	・ メーカ ・ リサイクラ ・ 材料メーカ	A
⑨	リサイクル材証書	廃プラスチック	廃プラスチックの油化技術による再生材の使用状況を証明する	再生工程から再生材、最終製品までをトレースし、データの改ざんや重複等を防止する	出荷・入荷データ、処理データ、ロット番号、使用製品	・ 石油化学メーカ ・ プラスチックメーカ ・ ユーザ	A
⑩	リサイクル材証書	非鉄金属	非鉄金属の再生材の使用状況を証明する	同上	同上	・ 素材メーカ ・ 加工・製品メーカ ・ ユーザ	B

表 2.3-3 資源循環に関する情報プラットフォームの検討テーマ一覧 (2 / 2) ※優先度 C : サブテーマ

	テーマ	対象	仕組み・機能	資源循環PFの意義・役割	主な情報	主なプレーヤ	優先度
⑪	プロセス認証	老廃スクラップ	プロセスに基づく選別品質を確認して、老廃スクラップの検収等の作業負担を減らす	第三者が、老廃スクラップの処理プロセスおよび選別後の品質レベルに関する認証を行う	投入物や処理工程、品質管理等に関わるプロセス、品質	老廃スクラップ事業者、電炉メーカー、製錬メーカー	C
⑫	SC連携によるプロセス効率化	全般	有価物・廃棄物の排出側と回収・処理側が連携して、発生、回収、処理を計画的に行う	排出側の活動に基づく発生予測と、予測に基づく回収計画や処理計画に資する情報提供	活動データ、発生予測、発生場所回収ルート、処理計画	排出者、リサイクラ	C
⑬	AI活用によるプロセス最適化	電気炉・溶解炉	投入スクラップの種類、形状、量タイミングなどをAI制御し、省エネルギーを強化	投入・計測データに関する学習アルゴリズムを共有し、クラウド学習によりプロセス制御を最適化	投入データ、計測データ、制御データ、アルゴリズム	電炉メーカー、製錬メーカー	C
⑭	AI活用によるプロセス最適化	破碎・選別処理(プロセス制御)	破碎・選別工程の各種データによるAI制御を行い、歩留まり向上、省エネルギー、メンテナンス省力化	同上	同上	リサイクラ	C
⑮	AI活用によるプロセス最適化	破碎・選別処理(プロセス構築)	投入品の分類・識別に基づき、投入品に対応した最適処理を行い、資源効率を向上	投入品と破碎・処理プロセス、選別品質等のデータを集約してAI学習、最適プロセスを提供	投入品データ、プロセスデータ、運転データ、品質データ	リサイクラ	C
⑯	二次資源ストック	希少金属を含有するスクラップ	小規模発生や低市況の際に一時備蓄し、ロット集約あるいは市況回復を待ってリサイクルする	一時ストックを登録して適切なタイミングで集約的に取引し、必要な時には場所やコストの支援	スクラップ・希少資源の種類や量、所有者、出荷条件	リサイクラ、非鉄製錬メーカー	C
⑰	トレーサビリティ	リユース品、リマニュファクチャリング品	元製品に関わるメーカーや使用履歴、対象品の提供メーカーや使用状況などを把握し、安心して使用できる	元製品および対象品の各種情報を一括管理して、関係者にトレーサビリティを提供する	元製品のメーカー・製造年・使用履歴、対象品データ	元製品メーカー、対象品の提供メーカー、ユーザー	C
⑱	資源効率INDEX	企業(主に製造業)	資源効率に関わる企業情報を提供し、資源効率の高い企業への投資を促す	企業の資源フットプリントとして、資源効率データを収集し、資源効率INDEXとして数値化	企業データ、製品・事業データ、資源効率データ	各種企業、金融機関・投資家、環境NGO	C
⑲	プロダクト・パスポート	企業(主に製造業)	散逸しがちな希少資源や処理困難な物質などの製品の素材情報を把握し、3Rを促進	部材から部品や製品にわたって、素材データをトレースし、製品の素材情報をデータベース化	取引製品、使用素材、使用量データ、取引ルート	素材メーカー、部材・部品・製品メーカー、リサイクラ	C
⑳	資源循環フロー	産廃、リサイクル法対象、資源物	産廃、リサイクル法対象物、資源物に関するフローをネットワーク化して、資源循環の最適化	⑧共通カテゴリを活用しつつ、各種管理システムと市場取引を連結して、フローの見える化	対象品、取引量、価格、取引日などのデータ	産廃業者、リサイクラ	C

(2) 検討項目

検討項目としては、優先順位を踏まえた3つのカテゴリーごとに項目を設定した。各項目に関わる記載内容を以下に整理する。

表 2.3-4 情報プラットフォームのあり方に関する検討項目

A) メインテーマ	背景と目的	各 PF が必要とされる背景あるいは解決すべき課題などを含めた本 PF の目的
	主な取扱情報	目的のために本 PF が必要とする取扱情報として主要なもの
	プラットフォーム機能	取扱情報を活用して目的のために本 PF が実行できる機能
	期待される効果	本 PF の実現によって期待される CO ₂ 削減や資源循環、あるいは持続可能性につながる効果
	協調と競争	本 PF において目指すべき、効率的かつ効果的な仕組みである協調領域と、産業として確保すべき競争領域
	コアとなる技術・システム	本 PF を実現するために必要不可欠である技術・システム
	構想イメージ図	PF の運営主体と参画者、それぞれの役割とメリット
	収益モデル	本 PF における売上項目、コスト項目
	参画プレイヤーのメリット・デメリット	参画プレイヤーが享受できるメリット、作業負担やコストなどのデメリット
	CO ₂ 削減効果ポテンシャル	本 PF が実現した場合に想定される CO ₂ 削減効果のポテンシャル ※現時点の構想はコンセプトレベルであるため、ある仮定に基づくバージン材製造に伴う CO ₂ 排出量を算出
	ニーズ・実現可能性	本 PF に対する関心度合いや、具体化に向けた取組姿勢
	実現に向けた今後の課題	有識者等へのヒアリング及び既存 PF 事例からの示唆を踏まえた構想実現に向けた課題・要件
B) 類似テーマ	特徴・課題	A) メインテーマを踏まえ、類似テーマでの特徴や、その特徴に伴って想定される課題

C) サブテーマ	仕組み・機能	資源循環の高度化を実現するための 仕組み・機能
	PF の役割	仕組み・機能における PF の位置付け
	概要図 (機能及びメリット)	PF の運営主体と参画者、 それぞれの役割とメリット
	実現可能性	本 PF に関わる関心度、社会ニーズ、 想定される実現時期など
	資源循環への 貢献・寄与	本 PF によって資源循環にもたらされる 効果
	想定される重要課題	実現に向けて乗り越えるべき課題

(3) ヒアリング対象

検討にあたっては、資源循環 PF に関わる学識者から広く意見や示唆などを得るとともに、各テーマについて、想定プレーヤーや有識者などからテーマ構想に対するニーズや実現可能性などを収集するため、個別ヒアリングや数社によるワーキング会議を実施した。

【ヒアリング対象：学識者】

- 東京大学 生産技術研究所 中村崇 特任教授
- 早稲田大学 大学院環境・エネルギー研究科 小野田弘士 教授
- 産業技術総合研究所 環境創生研究部門 大木達也 総括研究主幹
- 東京大学 工学系研究科 村上進亮 准教授
- 早稲田大学 大学院創造理工学研究科 大和田秀二 教授
- 早稲田大学 大学院創造理工学研究科 所千晴 教授

【ヒアリング対象：事業者】

- 家電等メーカー（パナソニック、日立製作所、東芝、三菱電機、家電製品協会など）
- 自動車メーカー（トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業、自動車工業会など）
- 材料メーカー（鉄：東京製鐵など、非鉄：JX、三井金属、DOWA など、プラスチック：出光、三井化学など）
- 設備メーカー（クボタ環境サービス、ウエノテックスなど）
- リサイクル・産廃処理事業者（リバーホールディングス、ミナミ金属、オリックス環境、PETEC、鈴木商会、ハリタ金属、前田産業、カネムラエコワークス、全国産業資源循環連合会など）
- 商社（三菱商事、三井物産、エムエム建材など）
- 金融機関（政策投資銀行、三井住友銀行、損保ジャパンなど）
- ESG 投資関係（環境金融研究機構、ニューラルなど）
- 研究機関・その他（国立環境研究所、地球環境戦略研究機関、京都環境公社、福岡アジア都市研究所など）

(4) 情報プラットフォームのあり方に関する検討結果

テーマごとの調査検討結果を次ページ以降に示す。なお、サブテーマについては、関連性のあるテーマをまとめて整理した。

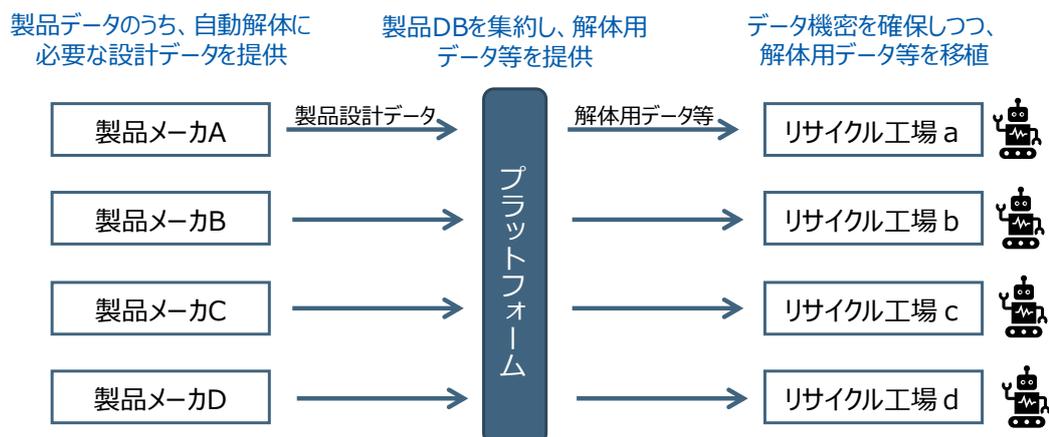
2.3.1. 優先度 A：メインテーマおよび優先度 B：テーマ A の類似

①解体・選別高度化プラットフォーム（家電等）

背景と目的	<ul style="list-style-type: none"> ・廃製品の解体はほとんどが手作業で行われているが、手解体にかかる労働力の確保やコストの負担がリサイクル事業の課題となっている ・本PFは、製品データを活用した解体用データベースによってリサイクルにおける手解体作業を自動化することを目的とする
主な取扱情報	<ul style="list-style-type: none"> ・製品設計データに基づく解体用データベース
プラットフォーム機能	<ul style="list-style-type: none"> ・機密性を保ちつつ、自動解体のためのデータ等の必要情報を各製品メーカーから各リサイクル（ロボット）に移植する
期待される効果	<ul style="list-style-type: none"> ・製品データを活用した自動解体によって、解体作業の省力化やコスト削減につながる ・また解体の高度化によって、素材ごとの分解が容易となり、資源効率を高めるとともに、資源価値の向上を通じてリサイクルの事業性を安定化させる ・副次的には、解体情報を製品メーカーにフィードバックすることにより、解体容易性を高めたエコデザインの普及に資する
協調と競争	<p>（協調）複数の製品メーカーやリサイクル：データ等の移植のためのシステムを共同利用（データ等は共有不可）</p> <p>（競争）製品メーカー：資源効率の向上やエコデザインの推進</p> <p>リサイクル：解体後処理の品質向上</p>
コアとなる技術・システム	<ul style="list-style-type: none"> ・製品データから作成したデータベース（構成、定義、手順等） ・機密確保のためのセキュリティ（ブロックチェーン等の活用）

自動解体プラットフォーム（家電等）の構想イメージ図

（主な役割）



（メリット）

リサイクルのコストアップ回避
資源効率の向上
エコデザインの推進

解体コスト削減、省人化

①自動解体プラットフォーム（家電等）

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> ・製品メーカーからの利用料 ・リサイクルからの利用料
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・製品設計DBの管理・運営 ・解体実績データの収集、製品メーカーへのフィードバック
参画プレイヤーのメリット・デメリット	<p>①製品メーカー</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 資源効率、エコデザイン × 作業コスト、登録コスト <p>②リサイクル</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 解体作業の省力化、コスト削減 × 解体ロボットの設備投資、利用コスト 	
CO2削減効果ポテンシャル	<ul style="list-style-type: none"> ・自動解体は、手作業による解体を自動化したものであり、自動解体だけでリサイクル素材を増やし、CO2削減に貢献することにはならない ・自動解体を通じて、より多くの部品の取外しや素材の単体分離を実現できれば、破碎工程および選別工程の簡素化によるCO2削減が可能となる ・仮に、自動解体によって、破碎・分別処理に係る電力消費量を20%削減できれば、CO2削減は年間で約2.7万トンと試算される （前提条件）$1,477万台 \times 19.1kWh/台 \times 20\% = 56,421,400kWh$ $56,421,400kWh \times 0.00047t-co2/kWh = 26,518t-co2$ ※LCA日本フォーラム「電気冷蔵庫のリサイクル、処理処分段階」より 	
ニーズ・実現可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・労働人材の不足という懸念に対して、自動解体の実現に対するニーズはある ・しかしながら、現時点で自動化された解体プロセスはごく一部に限られており、すぐにプラットフォームとして機能させることは不可能 ・当面は、自動解体のロボット制御ともに、必要となる製品設計データの活用方法などの技術課題を解決していくことが必要 	
実現に向けた今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・自動解体に賛同するプレイヤーによって先導的に検討できる体制を構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> □ 自動解体の技術開発に加え、製品データベースや自動解体ロボットなどの設備等に対する投資を前提に、参画プレイヤーの投資対効果とともにプラットフォームの事業性を両立させること (c-1_①直接のサービス対価以外の収益スキーム) □ 自動解体によるメリット、投資対効果をより高めるため、より多くの製品メーカーとリサイクルが参加できるスキームを構築すること (c-1_②外部事業者の参画によるPF規模・利便性のレバレッジ確保) □ 特に、自動解体のために必要不可欠となる製品データについて、その機密性を確保できるセキュリティ・システムを構築すること 	

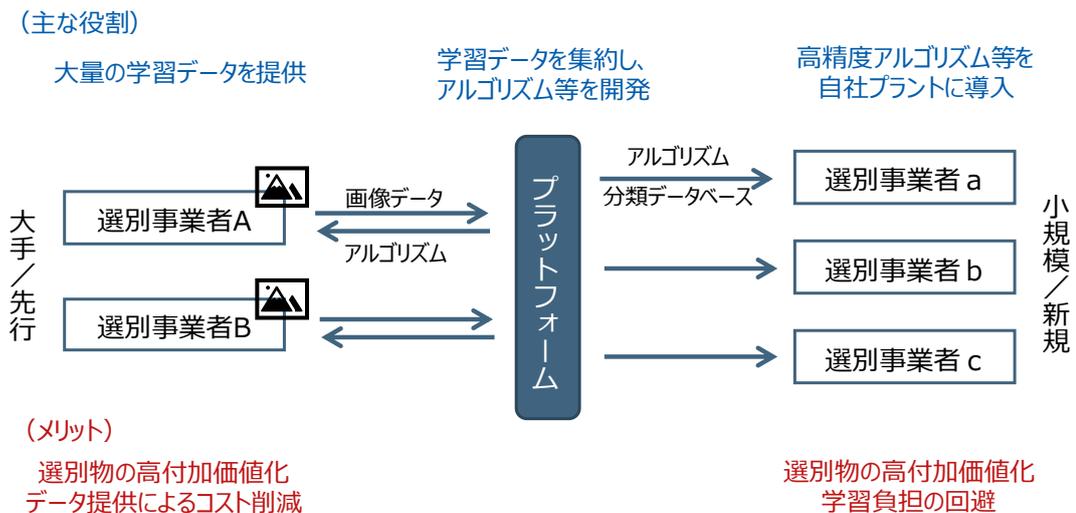
【類似 PF】 ②解体・選別の高度化プラットフォーム（自動車）

特徴・課題	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車においても、解体時にできるだけ多くの部品・部材等を取外し、破碎後の選別を減らせば、リユース・リサイクルによる資源効率向上が期待できる。 ・自動車の構造や大きさ等を踏まえると、自動解体を実現することは難しいものの、自動車メーカーからの製品設計データがPFによって共有されれば、取外し対象の特定や取外し作業の効率化が可能になると期待される。
-------	---

③画像処理選別プラットフォーム（電子部品）

背景と目的	<ul style="list-style-type: none"> 様々な希少金属が使用された電子部品が搭載された電子基板のほとんどは、そのまま破碎した後に非鉄製錬にて処理されており、含有濃度の低い希少金属は回収・リサイクルされていない 本PFは、電子基板から取り外した多種類の電子部品を画像によって物理選別し、希少金属の濃度を高めることを目的とする
主な取扱情報	<ul style="list-style-type: none"> 電子部品の画像データ、選別アルゴリズム、分類データベース
プラットフォーム機能	<ul style="list-style-type: none"> 多種多様な電子部品の教師データを各選別プラントから集約し、AI学習によって選別精度を高めたアルゴリズムを構築する AI学習によるアルゴリズムと分類データベースを共有して、多種多様な電子部品を画像選別し、品位や成分等を踏まえた高度な選別を実現する
期待される効果	<ul style="list-style-type: none"> 含有金属を考慮した部品レベルでの選別を実現することによって、物理的に希少金属の含有濃度を高め、<u>回収されていなかった希少金属をリサイクル</u>することができる 回収されていなかった希少金属の含有濃度を高めることで、<u>選別物の付加価値を高める</u>とともに、<u>非鉄製錬における省エネやリサイクル効率化</u>につながる。
協調と競争	<p>(協調) リサイクラ：より大量の教師データを集約し、それらに基づく高精度なアルゴリズムと分類データベースを共有</p> <p>(競争) リサイクラ：電子部品の回収、基板からの分離処理、選別後の売却</p>
コアとなる技術・システム	<ul style="list-style-type: none"> 電子部品の画像処理技術 画像処理による教師データ、選別アルゴリズム、分類データベース 機密確保のためのセキュリティ

画像処理選別プラットフォーム（電子部品）の構想イメージ図



③画像処理選別プラットフォーム（電子部品）

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> リサイクルからの利用料A（教師データの提供あり）：低料金 リサイクルからの利用料B（教師データの提供なし）：高料金
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> 画像処理学習システムの管理・運営 分類データベースの維持・更新
参画プレーヤのメリット・デメリット		<p>①大手／先行リサイクル</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 選別物の付加価値 × 画像処理の設備投資、画像処理データの作成 <p>②リ小規模／新規サイクル</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 選別物の付加価値 × 画像処理の設備投資、利用コスト <p>③製錬メーカー</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 品質・コストメリットの向上（高濃度、忌避物質の回避）
CO2削減効果ポテンシャル		<ul style="list-style-type: none"> 電子部品の品位や成分等を踏まえた分類を行うことによって、必要とする成分の濃度を高めることができる。その結果、多種多様な電子部品の場合よりも、必要とする成分の回収・精製が可能となり、バージン材製造に伴うCO2削減につながる 本PFによって、国内E-Scrapに本プロセスを適応できれば、CO2削減は年間で約9,623トンと試算される（金以外の貴金属も含めるとポテンシャルは更に拡大する） （前提条件）$20,404\text{kg} \times 471.67\text{kg-co}_2 = 9,623,954\text{kg-co}_2$ 国内のE-Scrapから回収される金重量：20,404kg 貴金属濃縮時のCO2削減係数：471.67kg-co2/kg-貴金属
ニーズ・実現可能性		<ul style="list-style-type: none"> 電子基板の中には、付加価値が低くて部品点数の少ない基板や、忌避物質が含まれる基板もあることから、品位や成分等に踏まえて選別された電子部品に対する製錬メーカーのニーズはある しかし、電子基板から電子部品を効率的に分離する技術は一部導入されているものの、部品の選別技術はまた開発途上であるため、電子部品の品位や成分に着目したリサイクルの普及には至っていない AIによる画像選別技術とあわせて、製錬メーカーのニーズに基づく部品分類・基準を用意できれば、電子基板からの電子部品リサイクルにつながると期待される
実現に向けた今後の課題		<ul style="list-style-type: none"> 電子基板からの電子部品の分離技術、電子部品の選別技術、製錬ニーズに基づく分類基準をトータルシステムを構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> □ 多種多様な電子部品を前提に、新たな部品への対応、忌避物質への対応を含めた学習方法を確立すること (c-1_②外部事業者の参画によるPF規模・利便性のレバレッジ確保) □ 画像選別設備および高精度アルゴリズムへの投資効果が得られるシステムとして構築すること □ 適宜、付加価値のある分類に更新できるよう、製錬メーカーとの連携を図ること

【類似 PF】④画像処理選別プラットフォーム（小型二次電池）

特徴・課題	<ul style="list-style-type: none"> 小型二次電池には様々な種類や形状のものがあることに加え、小型家電などの製品中に組み込まれた状態で排出されるため、小型二次電池の選別作業を安全かつ効率的に行うことが課題となっている。 このため、小型二次電池を含む製品であること、小型二次電池の種類を特定することを可能とする画像選別のPFが役立つと考えられる。
-------	--

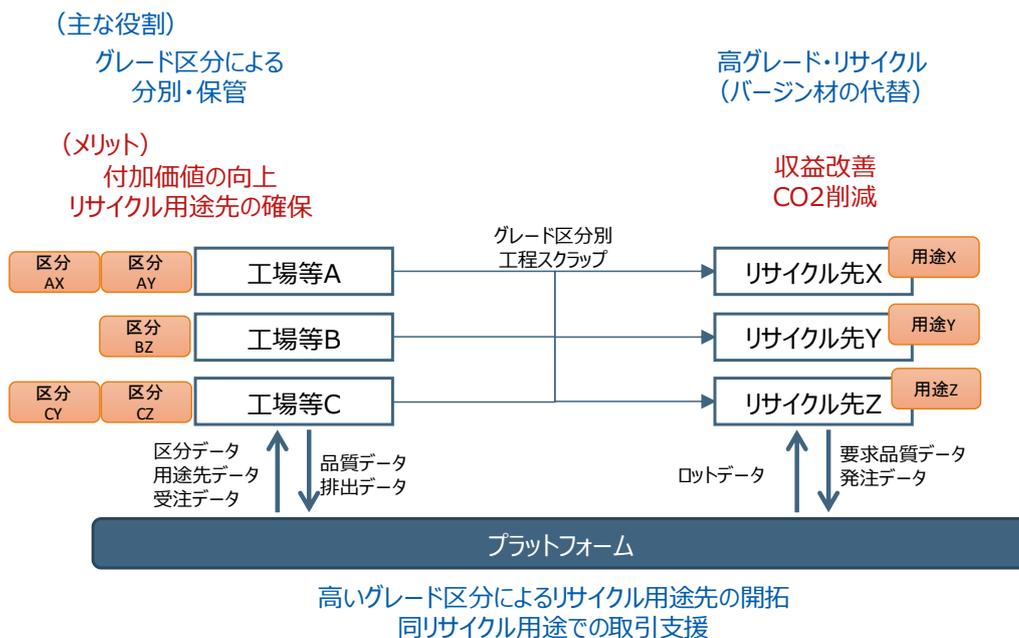
⑤太陽光発電パネル適正処理プラットフォーム

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> ・リユース診断事業者、リサイクラ等からの認定手数料 ・使用済みPVのマッチング、個体管理に関わるプラットフォーム利用料
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・トレサビプラットフォームの管理・運営 ・認定事業者等とのネットワーク管理
参画プレーヤのメリット・デメリット		<p>①排出者</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 使用済みPVの処理依頼先の情報入手 <p>②認定事業者（リユース診断事業者、リサイクラ等）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 使用済みPV案件の情報入手、顧客に対する処理状況の情報提供、第三者認定による信頼性の確保 × 認定手数料やプラットフォーム利用料の負担 <p>③リユースPV購入者</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ リユースPVの在庫・品質等の情報入手
CO2削減効果ポテンシャル		<ul style="list-style-type: none"> ・使用済みPVが適正にリサイクルされることにより、資源回収などに伴うCO2削減につながる ・多結晶Si（公共・産業専用）：リサイクル促進ケースの場合、510kg-co2/kwの削減効果※となり、2030年の排出推計量（非住宅用）4,150トン（86.1kg/kw\times48,200kw）の9割が適正処理できれば、CO2削減は年間で約2.2万トンと試算される <p>（前提条件）510kg-co2*48,200kw*0.9=22,124t-co2</p> <p>※環境省「平成24年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル基礎調査委託業務 報告書」より</p>
ニーズ・実現可能性		<ul style="list-style-type: none"> ・使用済みPVのリユース・リサイクル・適正処理を行う事業者が複数あるものの、使用済みPVはまだ多くは排出されておらず、使用済みPVの処理市場はこれから拡大していく段階である ・しかし、使用済みPVの処理市場においては、使用済みPVの回収にかかるコスト負担や、適正な処理ルートへの認知などが課題となっており、使用済みPVのリユース・リサイクル・適正処理のための仕組みづくりに対する社会ニーズはある ・使用済みPVの回収から処理までのトレーサビリティを共同で個体管理できる効率的な仕組みを整備することによって、リユース・リサイクル先の確保につながると期待される
実現に向けた今後の課題		<ul style="list-style-type: none"> ・認定事業者ネットワークによって使用済みPVのトレーサビリティ管理できるプラットフォームを構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> □ 個体管理のトレーサビリティを効率的に低コストで実現するためのプラットフォームを構築すること（トレーサ対象の単位、管理情報項目、情報技術など） (b-2_①簡易かつ継続的な情報取得・更新の手法) □ 使用済みPVを処理する認定事業者ネットワークを構築するため、環境省ガイドライン等に沿った参加基準や認定手続き等を具体化すること (b-2_②事業スキームの精査)

⑥品位別リサイクルプラットフォーム（工程スクラップ：鉄）

背景と目的	<ul style="list-style-type: none"> 鉄板などの単一素材の金属加工を行う工場では、工程スクラップとして発生する端材はまとめて保管・管理されるのが一般的である 金属加工される鉄素材は、用途に応じて詳細な品質や成分が異なっているが、まとめてリサイクルされるため、個別には高いグレードの金属素材であってもグレードの低い材料へとカスケード利用されてしまう 本PFは、工程スクラップを鉄素材のグレードに応じた区分で保管・管理し、より高いグレードでの材料リサイクルの仕組みを構築することを目的とする
主な取扱情報	<ul style="list-style-type: none"> 工程スクラップのグレード区分、排出データ、用途先データ
プラットフォーム機能	<ul style="list-style-type: none"> より高いグレードでのリサイクル用途を前提としたグレード区分を設定し、グレード区分ごとの各社排出データを一元管理する 排出データに基づき、リサイクル用途先との取引マッチングを行い、工程スクラップの品位別リサイクルを実現する
期待される効果	<ul style="list-style-type: none"> 工程スクラップのグレード区分による高グレードでのリサイクルを実現することによって、<u>工程スクラップのリサイクル事業での付加価値向上</u>につながる 高グレードでのリサイクル用途がバージン素材を代替できれば、<u>バージン素材の製造に伴うCO2排出の削減</u>にも貢献できる
協調と競争	<p>（協調） グレード区分・用途先による取引システムの共有・活用</p> <p>（競争） グレード区分管理のための仕組み構築、回収量・品質の向上</p>
コアとなる技術・システム	<ul style="list-style-type: none"> グレード区分・用途先 グレード区分による排出・取引管理システム

品位別リサイクルプラットフォーム（工程スクラップ：鉄）の構想イメージ図



⑥品位別リサイクルプラットフォーム（工程スクラップ：鉄）

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> ・グレード区分による情報システムの管理手数料 ・排出管理・取引等の各種サービス利用料
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・グレード区分および用途先の開発、メンテナンス ・グレード区分に基づく回収物の品質管理 ・グレード区分の登録、取引などに関わる情報システムの管理・運営
参画プレーヤのメリット・デメリット		<p>①排出事業者</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 付加価値の向上、取引先の確保 × プロセス変更に伴う投資、作業 <p>②リサイクル用途先</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ バージン代替によるコスト削減、CO2排出削減、対外アピール
CO2削減効果ポテンシャル		<ul style="list-style-type: none"> ・グレード区分に基づきリサイクル用途先を開拓・共有することによって、付加価値の高いリサイクル用途の取引先においてバージン素材を代替することができ、その結果、バージン素材の製造に伴うCO2の削減につながる ・本PFによって、鉄スクラップ発生量の10%について、バージン粗鋼を代替利用できれば、CO2削減は年間で約33,495トンと試算される （前提条件）国内加工スクラップ638万t/年×10%=63.8万t 63.8万t*0.0525kg-co2/t※=33,495-co2 ※IDEAv2 高炉銑+粗鋼（転炉法）+普通鋼（最終鋼材）
ニーズ・実現可能性		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄などの工程スクラップは、カスケード利用とはいえ、まとめてリサイクルされていることから、排出事業者側が高い問題意識を持っているという状況ではない ・ただし、カスケード利用では付加価値が低く、スクラップ市況の影響を受けやすいことから、高付加価値でのリサイクルニーズには関心をもたれるものと期待される ・とはいえ、グレード区分による高付加価値のリサイクル用途先が確保されている状況ではなく、リサイクル用途の開拓、拡大から取り組むことが必要不可欠である ・工程スクラップはもともと高品位で安定する傾向にあることから、高付加価値のリサイクル用途を確保できれば、排出事業者からの関心・ニーズは高まると期待される
実現に向けた今後の課題		<ul style="list-style-type: none"> ・工程スクラップのグレード区分およびリサイクル用途に応じて、排出物の分別、保管、取引等を排出事業者間で管理し、需給に応じて集約的に取引できるプラットフォームを構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> □ 高付加価値なリサイクル用途を順次開拓し、そのリサイクル用途に適したグレード区分の設定を行うこと (a-3_①関連情報を活用した対象物の高付加価値化) (a-3_②取扱品の出口確保によるリスク低減) □ リサイクル用途先の必要量や要求品質に対して安定供給を行うため、複数の排出事業者の排出物に応じて量や質を調整できる仕組みを構築すること (a-1_②情報収集の戦略)

【類似 PF】 ⑦品位別リサイクルプラットフォーム（工程スクラップ：アルミ等の非鉄）

特徴・課題	<ul style="list-style-type: none">• アルミ等の非鉄についても、工程内で発生したスクラップを品位別に分けて回収できれば、より高い付加価値および資源効率をもつリサイクルにつながる。• ただし、非鉄は用途に応じて多種多様な鉱種・品質があり、鉄に比べると量的には小規模となることから、収益性を高められる品位別リサイクルの仕組みづくりが課題になる。
-------	--

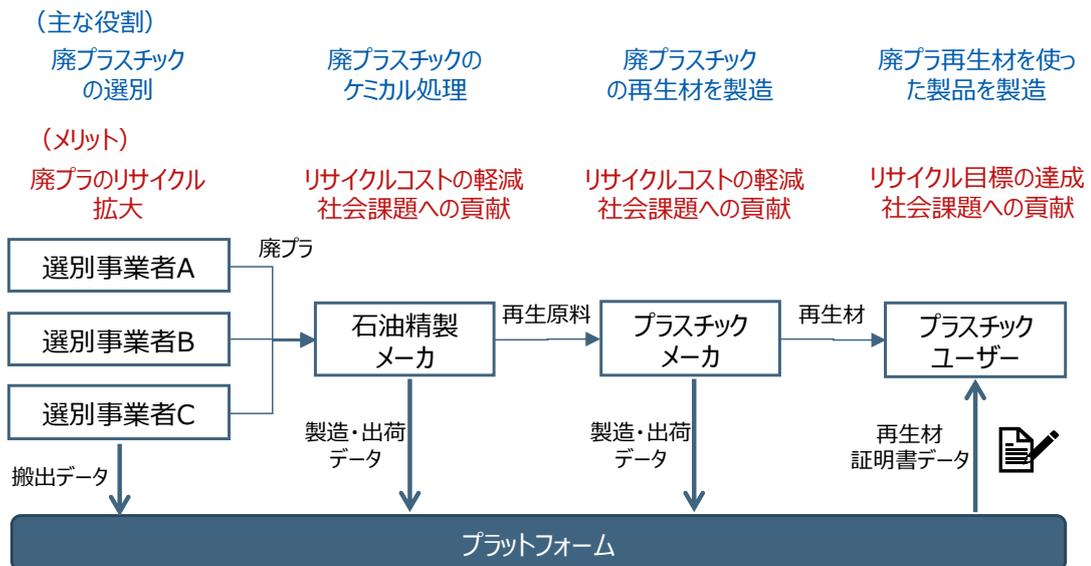
⑧共通分類プラットフォーム（主に産業排出物：有価物・廃棄物）

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> 共通分類による情報システムの管理手数料 各種サービス利用料
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> 共通分類の個別判定、メンテナンス管理 排出物の登録、取引などに関わるトレーサシステムの管理・運営 各種サービスに関わる営業、問合せ対応、個別サポート等
参画プレーヤのメリット・デメリット		<p>①排出事業者</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 一元管理、資源効率、コスト削減 × システム管理・利用料金 <p>②リサイクラ、素材メーカ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 取引先の拡大、取引量の拡大、品質ばらつきの抑制、対外アピール × 競合先の広がり
CO2削減効果ポテンシャル		<ul style="list-style-type: none"> 共通区分に基づく排出物情報を管理・共有することによって、より同一レベルの品質を確保しつつ、需給マッチングによるリサイクル取引の機会を拡充することができ、その結果、バージン原料からの製造に伴うCO2削減につながる 本PFによって、産業廃棄物のうち、廃プラスチックおよび金属のリサイクル率を5%向上できれば、CO2削減は年間で約137.5万トンと試算される <p>（前提条件）</p> <p>廃プラ：645.6万t*5%*4.5839t-co2=1,479,683t-co2</p> <p>金属：800.8万t*5%*0.6388t-co2=255,776t-co2</p> <p>産業廃棄物発生量のうち、廃プラ6,456千t、金属くず8,008千t</p> <p>その他の工業用プラスチック製品：4.5839kg-co2/kg</p> <p>粗鋼（電炉法）：0.6388kg-co2/kg</p>
ニーズ・実現可能性		<ul style="list-style-type: none"> 特に複数工場をもつ事業者においては、排出物の分類が工場毎に異なるために、全体としての実態を正確に把握できず、排出削減あるいはリサイクル等の対策にも限界が生じやすい 資源循環に限らず、脱炭素化という観点からも、共通分類による管理・取引に対するニーズは確実にあるが、共通分類の普及のためには推進体制が必要不可欠 本PFへの賛同企業の参加のもと、共通分類と排出物管理システムを同時に開発できれば、本PFの起点になると期待される（既存システムとの連携も想定）
実現に向けた今後の課題		<ul style="list-style-type: none"> 排出物の性状分類によって、排出物の管理、トレーサ、取引等を工場間で一元管理し、リサイクルを促進できるプラットフォームを構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> 参画する工場すべてに適用できる共通分類を維持していくため、効率的かつ効果的に共通分類を判定、更新できる仕組みを構築すること より多くのプレーヤが参画できるように、それぞれの参画者にとって有益なサービス機能と、そのメリット・効果を明らかにしていくこと <p>(c-1_②外部事業者の参画によるPF規模・利便性のレバレッジ確保)</p> 管理情報を開示することにより、取引あるいはリサイクルの阻害がある可能性が懸念されるため、どこまでの管理情報を公開あるいは共有すべきかを十分検討すること。検討結果として設定された情報セキュリティを守る仕組みを情報PFに十分反映させること。

⑨再生材証明書プラットフォーム（廃プラスチック）

背景と目的	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックでは、マテリアルリサイクルが主流であるが、品質劣化を避けることが難しく、低品質な製品へのカスケード利用とならざるを得ない ・一方で、ケミカルリサイクルは、バージン材と同等レベルの品質を確保できる可能性があるが、リサイクルによるコストアップを伴うことから事業化は困難な状況にある ・本PFは、再生材の環境価値を付加価値化（内部経済化）し、廃プラスチックのリサイクルを拡大することを目的とする
主な取扱情報	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックの搬出データ、再精製・樹脂製造の製造・出荷データ、再生材の製造・出荷データ
プラットフォーム機能	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックが再精製され、プラスチック再生材として使用されるまでの製造・取引プロセスをトレースする ・トレース情報に基づき、廃プラスチックからの再生原料量および製品使用量を改ざん・重複なく管理し、再生材であることを証明する
期待される効果	<ul style="list-style-type: none"> ・再精製された原料はバージン原料と工程で混じるケミカルリサイクルであっても、再生プロセスのトレース管理によって、証明書として再生材の環境価値を明示できる ・証明書に対価を支払うことによって、再生材のユーザー企業がその使用状況を対外的にアピールするとともに、ケミカルリサイクル事業の収益向上を促し、<u>廃プラスチックのケミカルリサイクルの拡大</u>に貢献する
協調と競争	<p>（協調） 廃プラスチックの搬入から再生までの製造・出荷プロセスのデータをトレースし、再生材の証明書を発行・取引できるシステムを共有</p> <p>（競争） 廃プラスチックの調達、精製・加工、再生材の品質管理、営業・販売</p>
コアとなる技術・システム	<ul style="list-style-type: none"> ・廃プラスチックの再生プロセスのトレース管理システム ・再生材証明書の管理システム

再生材証明書プラットフォーム（廃プラスチック）の構想イメージ図



廃プラスチックのリサイクルにおけるトレーサビリティ管理、再生材証明書の発行

⑨リサイクル材証書プラットフォーム（廃プラスチック）

収益モデル	売上	<ul style="list-style-type: none"> 再生材証明書の発行・管理手数料
	コスト	<ul style="list-style-type: none"> 再生トレース情報の購入 再生トレース管理システムの管理・運営 再生材証明書データベースの管理・運営
参画プレーヤのメリット・デメリット		<p>①再生関連事業者：廃プラスチックの排出企業、再精製メカ、プラスチックメカ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 事業収益、資源循環への貢献・アピール × 設備・プロセスの変更、追加投資、データ管理 <p>②プラスチック部品・製品メカ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 資源効率、対外アピール、ESG評価 × 証明書料金
CO2削減効果ポテンシャル		<ul style="list-style-type: none"> バージンプラスチックの製造と比べてCO2発生量を5割減らすものと仮定 国内で回収されたプラのうち、サーマルリサイクル利用されている514万tの15%がケミカルリサイクルされるとし、そのうち5%は証明書の付加価値による引き上げ効果とすると、CO2削減は年間で約42.3万トンと試算される (前提条件) $514万t * 5% * 3.29t-co2/t * 0.5 = 422,765t-co2$ サーマル利用：514万t、プラスチック製造：3.29kg-co2/kg
ニーズ・実現可能性		<ul style="list-style-type: none"> マテリアルリサイクルにおける品質劣化問題を踏まえ、ケミカルリサイクルを検討する動きがあるものの、コストアップに関わる事業障壁は依然として残されている 一方で、循環経済や脱炭素といったESG課題への関心の高まりを受けて、製品における再生材の採用を積極的に検討する企業の動きが活発化してきている 先行して事業化されているグリーン電力証書は再生可能エネルギーの使用を証明するものであり、廃プラスチックの再生材において同様の仕組みを構築できれば、廃プラスチックのケミカルリサイクルの拡大につながると期待される
実現に向けた今後の課題		<ul style="list-style-type: none"> 廃プラスチックの回収から再生までのプロセス、再生材としての部品・製品の使用状況のプロセスをトレース・証明できるシステムを構築するため、次の要件を検討していくこと <ul style="list-style-type: none"> ❑ 複数のプレーヤにまたがって再生プロセスを改ざん・重複なくトレースできるシステムを最小限のコストで構築すること (b-2_①簡易かつ継続的な情報取得・更新の手法) ❑ 再生材のユーザーが再生材の環境価値への対価を支払える証明書料金レベルを見定めること ❑ 再生材証明に関わる管理・運用コストを削減するため、より多くのプレーヤあるいは素材に拡張可能な仕組みとすること

【類似 PF】⑩再生材証明書プラットフォーム（非鉄）

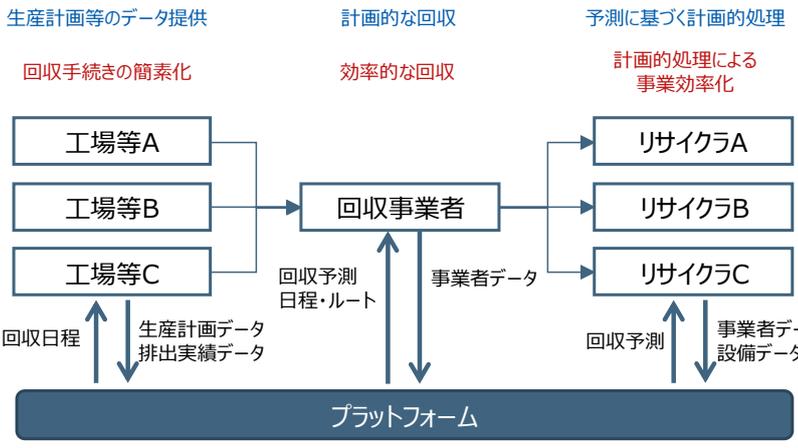
特徴・課題	<ul style="list-style-type: none"> 希少資源が含まれる非鉄についても、再生材としての利用拡大や資源確保というニーズはあるものの、再生工程においてバージン材との区別はつかなくなるため、再生材証明に対するニーズの可能性はあると推察される。 しかしながら、非鉄のリサイクルは従来から行われていることであり、再生材証明のためのPF構築に対してどの程度の賛同が得られるかを見極める必要がある。
-------	--

2.3.2. 優先度 C : サブテーマ

①選別プロセス認証プラットフォーム

テーマ ①	選別プロセス認証プラットフォーム（老廃スクラップ）
仕組み・機能	プロセスに基づく選別品質を第三者が認証することによって、プロセス認証からの老廃スクラップに対する検収等の作業負担を減らす
PFの役割	第三者として、鉄・非鉄等の老廃スクラップの処理プロセスおよび選別後の品質レベルを現地確認等によって認証する
概要図 (機能) (メリット)	<p>排出物と、特定企業の破碎・選別プロセスから回収されるスクラップ品質情報を学習し、予測</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄スクラップの検収レス 鉄スクラップの含有成分把握
実現可能性	プロセス認証については企業間の信頼ベースでも実現可能である一方、多数の企業間で実現するには情報PFによる品質担保が必要不可欠であり、各種データに基づくスクラップ品質評価方法を検証し、プロセス認証の要件を具体化することが課題である。
期待される効果	老廃スクラップの品質向上／老廃スクラップに含まれる微量元素の有効活用／老廃スクラップの検収コスト削減による収益向上
想定される重要課題	プロセス認証による品質担保の効果検証／プロセス認証手法の開発／品質保証の在り方

⑫ サプライチェーン効率化プラットフォーム

<p>テーマ ⑫</p>	<p>サプライチェーン効率化プラットフォーム</p>
<p>仕組み・機能</p>	<p>動脈のサプライチェーンのように、有価物・廃棄物の排出側（工場など）と回収・処理側が情報連携することによって、発生から回収、処理までを計画的・効率的に行う</p>
<p>PFの役割</p>	<p>排出側の生産活動計画に基づく廃棄物・資源物の発生予測と、予測に基づく回収計画や処理計画を策定するための情報を提供する</p>
<p>概要図 (機能) (メリット)</p>	 <p>生産計画等のデータ提供 回収手続きの簡素化</p> <p>計画的な回収 効率的な回収</p> <p>予測に基づく計画的処理 計画的処理による事業効率化</p> <p>工場等A 工場等B 工場等C</p> <p>回収事業者</p> <p>リサイクラA リサイクラB リサイクラC</p> <p>回収日程 生産計画データ 排出実績データ</p> <p>回収予測 日程・ルート</p> <p>事業者データ</p> <p>回収予測 事業者データ 設備データ</p> <p>プラットフォーム</p>
<p>実現可能性</p>	<p>有価物・廃棄物の発生（発注）に基づいた非計画的な回収・処理を行わざるを得ない状況では、計画的な回収・処理を実現するためのプラットフォームに対するニーズはあるが、排出側にとって望ましいメリットを提供できる仕組みを構築できるかが課題である。</p>
<p>期待される効果</p>	<p>計画的な回収・処理による資源循環事業の収益向上／製錬等の再生事業の効率化</p>
<p>想定される重要課題</p>	<p>生産計画に基づく排出予測の検証／排出予測に基づく最適な回収ルートの検証／排出予測に基づく計画的処理の効果検証</p>

⑬AI活用によるプロセス効率化プラットフォーム（電気炉・溶解炉）

<p>テーマ ⑬</p>	<p>AI活用によるプロセス最適化（電気炉・溶解炉）</p>
<p>仕組み・機能</p>	<p>投入スクラップの種類、形状、量、タイミングなどをAI制御し、歩留まり向上、省エネルギー化を進める</p>
<p>PFの役割</p>	<p>投入データおよび計測データ等に基づく学習アルゴリズムを共有し、クラウドでの学習によりプロセス制御を最適化する</p>
<p>概要図 (機能) (メリット)</p>	<p>The diagram illustrates the platform's function and benefits. At the top left, a dashed box contains three boxes labeled 'リサイクラA', 'リサイクラB', and 'リサイクラC'. Arrows from these boxes point to a larger box labeled '電気炉事業者A'. Above this flow, text reads '検収基準に基づく原料供給・検収' and 'トレーサビリティ確保'. To the right, text reads '投入データ・計測データ等の収集 制御アルゴリズム生成' and '歩留り向上・省エネ'. Below the scrap suppliers, text reads '素材データ (種類、形状、量)'. Below the furnace operator, text reads '投入データ', '運転データ', and '歩留りデータ'. At the bottom, a dark blue bar labeled 'プラットフォーム' (Platform) is connected to three boxes labeled '事業者B', '事業者C', and '事業者..'. Arrows show data flow between the platform and these operators. To the right of the platform, text reads '複数事業者のデータ学習 アルゴリズム精度向上'.</p>
<p>実現可能性</p>	<p>AI利活用を試行中である電気炉事業者があり、データ利活用による電炉プロセスの効率化および省エネには関心がもたれているが、プラットフォームとしての構築に向けては、引き続き、電気炉事業者等における実証・議論が必要である</p>
<p>期待される効果</p>	<p>歩留り改善による資源効率の向上／プロセス効率化による省エネ型資源循環の実現／収益改善による資源循環事業の拡大／微量元素等の利活用拡大／トレーサビリティの担保</p>
<p>想定される重要課題</p>	<p>制御アルゴリズムの効果検証および精度向上／プラットフォームによるデータ集約のメリット検証</p>

⑭、⑮ AI活用によるプロセス最適化プラットフォーム（破碎・選別処理のプロセス制御・最適化）

<p>テーマ ⑭、⑮</p>	<p>AI活用によるプロセス最適化（破碎・選別処理のプロセス制御・最適化）</p>
<p>仕組み・機能</p>	<ul style="list-style-type: none"> 破碎・選別工程のプロセス制御を最適化するため、プロセスからの各種データによるAI制御を行い、歩留まり向上、省エネルギー、メンテナンス省力化を実現する また処理対象物に応じた最適な破碎・選別プロセスを構築するため、投入品の分類・識別に基づいたAI診断による最適なプロセス構築を行い、さらに資源効率を向上する
<p>PFの役割</p>	<p>投入データおよび計測データ等に基づく学習アルゴリズムを共有し、クラウドでの学習によりプロセス制御を最適化する。また投入品と破碎・処理プロセス、選別品質等のデータを集約してAI学習を行い、最適プロセス（方法・条件など）を提供する</p>
<p>概要図 (機能) (メリット)</p>	<p>投入物に合わせたプロセス提案 選別精度の向上、高付加価値化</p> <p>データに基づくプロセスの最適制御 安全運転・資源回収効率の向上</p> <p>破碎・選別事業者X</p> <p>投入物A → プロセスa 投入物B → プロセスb 投入物C → プロセスc</p> <p>投入物データ ↓ ↑ 最適プロセスアルゴリズム ・運転データ ↓ ↑ プロセス制御アルゴリズム ・品質データ</p> <p>プラットフォーム</p> <p>各事業者からの学習データの集約 (アルゴリズムの改良)</p> <p>破碎・選別事業者Y 破碎・選別事業者Z 破碎・選別事業者…</p>
<p>実現可能性</p>	<p>破碎・選別の技術・システムに関しては、技術的な体系化はまだ開発途上であり、プロセス効率化の余地は残されていることから、センサー等によるデジタル情報やAIを活用したプロセス最適化を破碎・選別プロセスに適用することにより資源効率の向上が期待できる</p>
<p>期待される効果</p>	<p>破碎・選別における資源回収率の向上／高品質な資源回収による付加価値の向上 ／破碎プロセスにおける火災等の事故防止／禁忌物質の混入防止／微量元素等の利活用拡大</p>
<p>想定される重要課題</p>	<p>破碎・選別プロセスのデータに基づく制御アルゴリズムの開発／投入物に応じた最適な処理技術・システムの体系化／AIによるプロセス最適化に対する事業者理解</p>

⑩二次資源ストック・プラットフォーム（貴省金属を含有するスクラップ）

<p>テーマ ⑩</p>	<p>二次資源ストック・プラットフォーム（希少金属を含有するスクラップ）</p>
<p>仕組み・機能</p>	<p>発生量や市況によってリサイクルの事業性が大きく左右されて必ずしも有効利用されないことがある、希少金属を含有するスクラップを対象に、小規模発生や低市況の際に二次資源として一時ストックしておき、ロット集約あるいは市況回復を待ってリサイクルする</p>
<p>PFの役割</p>	<p>一時ストックされた二次資源の情報を共有・蓄積しておき、適切なタイミングで集約的に取引を行うとともに、必要な場合には保管場所や保管コストの支援を行う</p>
<p>概要図 (機能) (メリット)</p>	<p style="text-align: center;">量的、時期的に売却できない二次資源（中間物を含む）の一時ストック</p> <p style="text-align: center;">ロット取引、市況回復に伴う収益性の確保</p> <pre> graph TD subgraph Recyclers RA[リサイクラA] RB[リサイクラB] RC[リサイクラC] end subgraph Platform PF[プラットフォーム] end subgraph Buyers RS[再生事業者] KA[買取事業者] end RA -- "対象形態 ストック量" --> PF RB --> PF RC --> PF PF -- "代行取引 各種支援" --> RA PF -- "ロット売却" --> RS PF -- "ロット売却" --> KA RS -- "発注" --> PF KA -- "発注" --> PF </pre>
<p>実現可能性</p>	<p>散逸して量的に集まらないため、あるいは市況が低い状況であるためにリサイクルされていない希少資源を一時的にストックして、適切なタイミングで売却する仕組みのニーズはあるが、ストックにかかるコスト負担を上回るメリットを出せるかどうか課題である。</p>
<p>期待される効果</p>	<p>散逸しかねない希少資源の資源循環／希少資源のリサイクル事業の収益性向上／微量元素等の利活用拡大</p>
<p>想定される重要課題</p>	<p>ストックにかかる負担（コスト、場所等）に対する軽減策・支援策／ストック情報のセキュリティ確保／集約・代行取引における利益配分の仕組み</p>

⑰、⑱、㉑、㉒ 動静脈サプライチェーンの伝田管理・利活用プラットフォーム（トレーサビリティ、資源効率 INDEX、プロダクト・パスポート、資源循環フロー）

<p>テーマ ⑰、⑱、 ⑲、⑳</p>	<p>動静脈サプライチェーンのデータ管理・利活用 （トレーサビリティ、資源効率INDEX、プロダクト・パスポート、資源循環フロー）</p>
<p>仕組み・機能</p>	<ul style="list-style-type: none"> 製造者・販売者は使用履歴や使用状況などを把握、最適な保守等の提供による製品利用による資源価値の最大化を図る 解体、破碎・選別、素材生産・再生において、散逸しがちな希少資源や処理困難な物質などの製品の素材情報を把握できるようにし、資源物に関するフローや取引をネットワーク化して、資源循環の最適化を促す ESG投資に関心のある主体に資源効率、LCAに関わる企業情報を提供し、資源効率の高い企業への投資を促す
<p>PFの役割</p>	<p>製品の各種情報（使用履歴、使用状況、素材データ等）を一括管理して、関係者にトレーサビリティを提供するとともに、製品使用、リユース・リサイクル等、資源効率、LCAに関するデータを収集し、数値化する</p>
<p>概要図 (機能) (メリット)</p>	<p>製品情報および使用・廃棄にわたるトレーサビリティ情報の管理・共有</p> <p>素材生産・再生 → 製造・販売 → 使用 → 回収 → 解体 → 破碎・選別</p> <p>プラットフォーム</p> <p>一般消費者・投資家等</p> <p>・ 資源効率INDEX ・ プロダクト・パスポート ・ 資源循環フロー ・ LCA</p> <p>・ サステナブル・ファイナンス促進 ・ エシカル消費促進</p> <p>・ 素材履歴 ・ 再生資源</p> <p>・ 素材情報 ・ 使用履歴</p> <p>・ 使用履歴</p> <p>・ トレーサビリティ</p> <p>・ トレーサビリティ</p> <p>・ トレーサビリティ</p>
<p>実現可能性</p>	<p>製品情報、使用・廃棄にわたるトレーサビリティ、あるいはESG投資の活発化を背景にした非財務情報の開示など、個社あるいは部分的な取り組みが進みつつあるが、情報共有・連携に関する議論・仕組みづくりにはまだ相当の時間がかかると見込まれる</p>
<p>期待される効果</p>	<p>資源循環性の可視化／ライフサイクルにわかるLCA把握／微量元素・規制元素等の管理／ファイナンス面からの動静脈連携促進</p>
<p>想定される重要課題</p>	<p>ビジネスモデル（事業主体、提供価値、ニーズ、収益性）／情報項目や定量評価手法の標準化／セキュリティ確保</p>

This page is intentionally left blank