



令和5年度 革新的技術・ビジネス推進プロジェクト（調査・分析事業）

『小型家電由来の廃プラスチック再資源化の加速：
大規模店舗回収ルート開拓と高度選別技術による一気通貫な資源循環プロセスの確立』

活動報告書

F·ECO



2024年3月

活動概要

東京都「令和 5 年度革新的技術・ビジネスモデル推進プロジェクト」

東京都では、使い捨てプラスチックの大幅なリデュース・リユースや、バージン資源と同等の樹脂に戻す水平リサイクルの実装化を推進するため、革新的技術・ビジネスモデルの社会実装を目指す事業者と共同で事業を行っています。

全12事業あるうちの1つが本事業となります。

事業名	小型家電由来の廃プラスチック再資源化の加速： 大規模店舗回収ルート開拓と高度選別技術による一気通貫な資源循環プロセスの確立
期間	2023年7月から2024年3月(9カ月間)
活動の背景	現状の使用済小型家電のリサイクルは、 鉄・アルミ・銅等の資源価値が高い金属を選別・回収 することを目的としています。 そのため、小型家電由来の廃プラスチックは 、家電リサイクル法が定める冷蔵庫、エアコン、洗濯機、テレビの4品目から回収される廃プラスチックと比較して、資源としてのリサイクル率が低く、 約8割(※1)が燃焼 による熱をエネルギーとして再利用するサーマルリサイクルによって処理されています。このサーマルリサイクルは CO2を大量に排出する ため、脱炭素の観点からも資源としてのリサイクル率の向上が期待されています。 (※1) 出典：認定事業者による再資源化実績(2021：環境省)
活動の概要	小型家電において、金属類に比べ再資源化が遅れているプラスチックに対し、 資源循環の推進に資する技術の組み合わせ により、プラスチックの持続可能な利用を大きく前進させ得る仕組みを構築し、 2025年度までに段階的な社会実装を目指すための調査・分析を行います。

小型家電リサイクル法について

資料3 認定事業者による再資源化実績 <https://www.env.go.jp/content/000065104.pdf>

認定事業者の再資源化実績

- 令和2年度に認定事業者が処理した小型家電の数量101,942トンのうち、
- ・再資源化された金属の重量は52,222トン。
 - ・再資源化されたプラスチックの重量は7,529トン、熱回収されたプラスチックの重量は25,301トン。
 - ・回収した使用済小型家電の90%以上が再生利用され、残りの10%未満が中間処理残渣となっている。

認定事業者が引き取った小型家電の再資源化実績

実績(トン)	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和01年度	令和02年度
回収した密閉型蓄電池、蛍光灯、ガスボンベ、トナーカートリッジの数量	20	87.9	82.8	108.7	132.6	228.3	221.4	368.0
回収したフロン類の重量	0.4	7	0.8	1.3	1.1	2.0	2.2	2.1
製錬業者に引き渡した金属等の重量	8,582	27,743	36,567	37,985	42,374	54,770	55,804	58,304
うち再資源化された金属の重量	7,514	22,870	29,994	30,355	34,485	45,922	47,376	52,222
再資源化されたプラスチックの重量	504	1,863	2,550	2,359	2,304	3,583	5,832	7,529
熱回収されたプラスチックの重量	3,017	7,781	13,612	11,816	14,063	21,720	21,292	25,301
再使用を行った使用済小型電子機器の重量	0	0	149	105	672	3,952	3,285	2,009
中間処理残渣の重量	1,113	3,184	4,298	5,196	6,202	7,449	9,529	8,428
合計	13,236	40,659	57,260	57,571	65,750	91,705	95,966	101,942

※金属ごとに令和3年6月1日の資源価格で試算。
(資源価格出所)
鉄、アルミ、銅、真鍮：日刊市境通信社 メタル・リサイクル・マンスリー
ステンレス、金、銀、パラジウム：アルム出版社 レアメタルニュース

<主な内訳>

	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	R01年度	R02年度	(金額換算)
鉄	6,599t	20,124t	26,326t	26,735t	30,145t	40,049t	41,310t	45,305t	18.6億円 26.4%
アルミ	505t	1,527t	2,023t	1,991t	2,325t	3,029t	3,292t	3,661t	4.2億円 6.0%
銅	381t	1,112t	1,469t	1,552t	1,747t	2,283t	2,297t	2,686t	18.4億円 26.2%
ステンレス・真鍮	26t	99t	148t	206t	246t	349t	470t	525t	0.8億円 1.1%
金	46kg	143kg	214kg	181kg	245kg	479kg	627kg	340kg	22.4億円 31.8%
銀	446kg	1,566kg	2,563kg	2,272kg	2,646kg	5,441kg	4,847kg	3,656kg	3.6億円 5.2%
パラジウム	3kg	14kg	21kg	19kg	17kg	18kg	20kg	24kg	2.4億円 3.4%

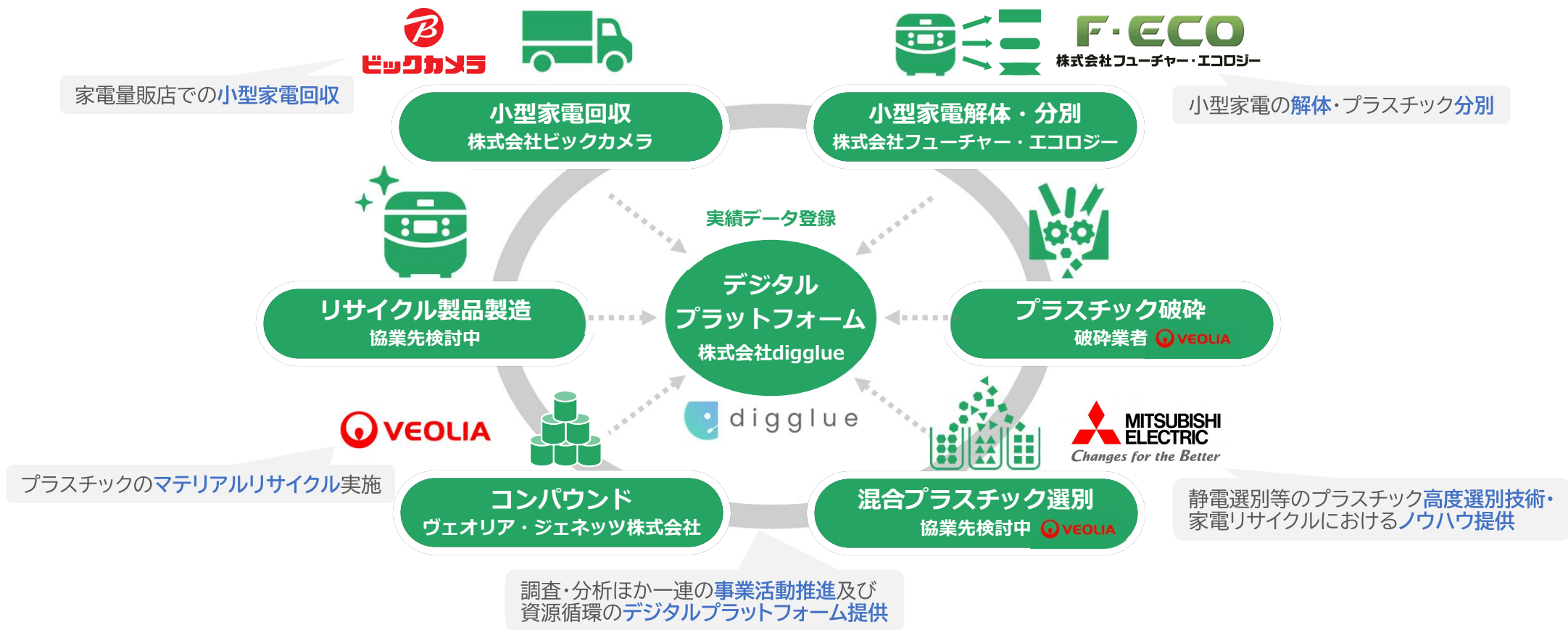
(参考) 各年度の資源価格で換算
6.9億円 18.9億円 21.6億円 24.6億円 34.3億円 46.6億円 60.2億円 70.4億円
(令和2年6月の資源価格では45.0億円)

<主な金属の資源価格の変化>

	資源価格 (円/kg) 令和02年6月	資源価格 (円/kg) 令和03年6月	令和02年 6月比
鉄	21	41	95.2%
アルミニウム	44	116	162.5%
銅	352	686	94.9%
金	5,956,000	6,594,000	10.7%
銀	61,930	99,480	60.6%
パラジウム	6,825,000	9,865,000	44.5%

活動体制

三菱電機、フューチャー・エコロジーはじめ計5社で組成



対象範囲 (製品)

まずは炊飯器をターゲットに、スモールスタートで廃プラ再資源化の実証

捨てちゃイヤ! 小型家電は、リサイクル。

マイ・ア・コガタカデゾ

1 電話機・FAXなど	2 携帯電話・PHS・ACアダプタなど	3 ラジオなど	4 デジタルカメラ・ビデオカメラ・DVDレコーダーなど	5 デジタルオーディオプレーヤー・ステレオセットなど	6 パソコンなど
7 ハードディスク・USBメモリなど	8 プリンターなど	9 ディスプレイなど	10 電子書籍端末など	11 電動ミシンなど	12 電動ドリルなど
13 電卓など	14 ヘルスメーターなど	15 電動式吸入器など	16 フィルムカメラなど	17 炊飯器・電子レンジなど	18 加湿機・除湿機など
19 アイロン・掃除機など	20 こたつ・電気ストーブなど	21 ヘアドライヤー・電気カみそりなど	22 マッサージ機など	23 ランニングマシンなど	24 電気足踏み機など
25 照明器具など	26 デジタル時計など	27 キーボード・エレキギターなど	28 ゲーム機など		

小さな家電に、大きな資源。

日本では年間65万トンの小型家電が使われなくなっていますが、その中には844億円分の貴重な金属が含まれています。リサイクルをもっと進めるよう、回収にご協力下さい。よりよい環境のために、未来の子どもたちのために。

※回収品目や回収方法は、各市区町村によって異なります。

小型家電リサイクル 環境省

炊飯器を1stターゲットに選んだ理由

- 排出量が多い
- プラスチックの含有量が多い

本活動のゴール

■最終ゴール

1. **小型家電由来の**廃プラスチックの**大規模回収ルート**確立、
静電選別ほかプラスチック**高度選別技術**を活用した**クローズドループ**が実現できている
2. 「1」を具現化するために不可欠な、**廃棄情報のデジタル化・データ利活用**
(=遠隔可視・トレサビ可視化ほか)の仕組みを使い、**効率的・効果的な運営**ができている

■調査・分析事業・終了時点 ※24年3月末時点

項目	ゴール
大規模回収 ルートの確立	小型家電の 回収量を増大 させるための、 回収スキームが具体化 されている
小型家電の クローズドループ構築	小型家電由来の 廃プラを素材ごとに高度選別 し、 水平リサイクルすることの課題・対策が明確化 されている
デジタル化・ データ利活用	大規模回収・水平リサイクルを加速化させるための、 デジタルの仕組み※1のイメージが具体化 できている ※1.データ取得、可視化、利活用

スケジュール【令和5年度】

当初予定通り、2023年7月からの約9か月間で、回収～再製品化までの実施・評価が完了

			2023年度													
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
フェーズ						調査・分析事業										
マイルストーン			提案書×切:31▼ キックオフ▼ ▼エコプロ(12/6~8) 報告書提出▼(3/15) 手解体现場・視察【9/12】▼ ▼GCS訪問(10/25) 破碎(~2/2)▼ ▼静電選別(~3/1) 採択▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ←定例会													
タスク	A:調査		提案書作成		サンプル解体・組成調査(構成部品・材質・量) ※15台 現状の直接回収状況の把握(宅配・店頭回収について@ビックカメラ)											
	B:検証	準備	審議・採択		効率的な手解体範囲の検討 目標値設定 廃プラ(資源)回収量試算 店舗回収の方法検討 店舗回収の準備 回収場所・個所数の検討 事前アナウンス・プロモーション 不要な炊飯器のリリース											
		実施			小型家電の回収@船橋 小型家電の解体 廃プラスチックの破碎 廃プラスチックの選別・評価 @先端技術総合研究所(尼崎)+α 廃プラスチックのパレット化 再生品(再生ペレット)の評価											
	C:課題分析・対策立案		課題集約、対策立案・実施 マクロ情報の収集・分析(年間・回収個数、メーカー分布、予測など) 検証結果分析 効果シミュレーション 実証事業計画の策定 準備・調整 メーカーとの意見交換会 破碎・選別メーカーと意見交換会													

8

進捗状況の概要

今回のトライ用に回収した使用済炊飯器のペレット化まで完了

回収



一般家庭

新品配達



下取り回収



家電量販店



使用済・炊飯器

解体



プラスチック部品

金属部品

複合材・その他

破碎・金属選別

混合プラ片

銅片

鉄片

アルミ片

▼今年度実施事項

混合プラ選別

※分析・評価のみ



(技術提供)

混合プラ片

高度選別
(静電選別など)

高純度
フレーク

//

//

ペレット(PP)

ペレット(PS)

ペレット(ABS)



ペレット化



再製品化



小型家電



その他



家電4品目

成果詳細

小型家電の回収方法

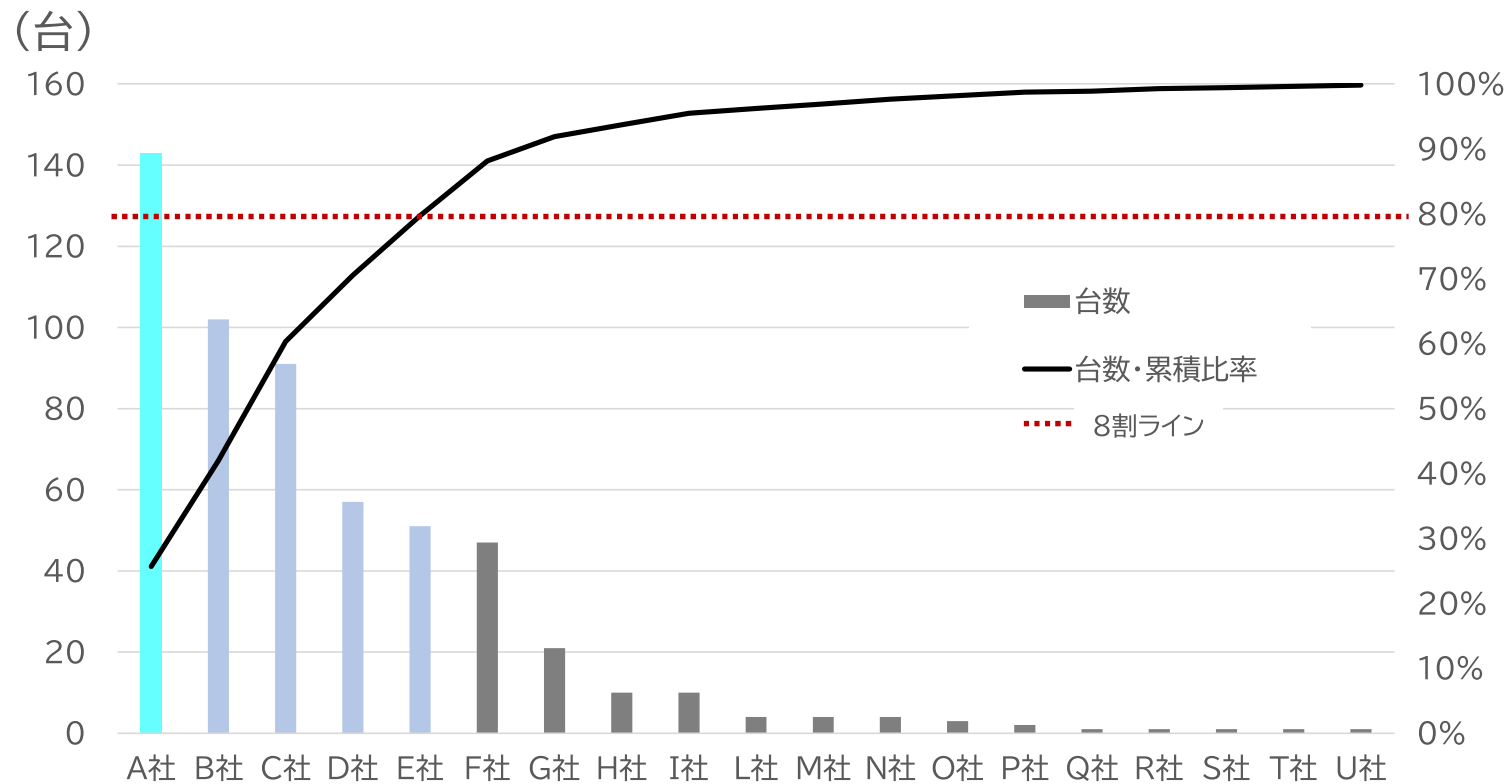
店頭回収に比べて回収量が多い、「下取り回収」にターゲットを絞った

実施主体		回収方法		詳細
市区町村		1	ボックス回収	公共施設・小売店等に回収ボックスを設置し、定期的に回収する
		2	ステーション回収	ごみ回収場所ごとに定期的に行っている資源回収と併せて回収する
		3	イベント回収	イベント開催の期間に限定して会場で回収を行う
		4	ピックアップ回収	排出されたごみや資源から、小型家電を清掃工場などで選別する
「小型家電 リサイクル法」の 認定事業者 	家電量販店 	5	店頭回収	店頭回収ボックスを設置し、定期的に回収する
		6	下取り回収	オンライン販売・宅配時に、不要になった小型家電を回収する
	再資源化 業者	7	宅配回収	オンラインで回収を受け付け、段ボールなどに入れて、 宅配便で回収する
		8	拠点回収	認定事業者が回収拠点を設置し、消費者が拠点到持ち込む
	リユース ショップ	9	リユースショップ 回収	リユースショップ持ち込み時に不要となった小型家電を回収する

炊飯器の回収実績

20メーカー557台のうち、トップ5のメーカーが回収量の8割を占める

■台数パレート ※下取り回収(ビックカメラ)による回収量(関東近郊から1~2か月程度)



解体実績の詳細

133台・600kgの炊飯器を全解体し、209kgのプラスチックを回収

■解体した炊飯器の詳細

No.	メーカー	台数	重量 (kg)		プラ含有率
			炊飯器	プラスチック	
1	A社	10	45.1	9.85	37%
2	C社	10	45.1	11.8	47%
3	F社 ※1	51	230.0	20.5	34%
4	G社	21	94.7	22.13	41%
5	H社	10	45.1	12	38%
6	I社	10	45.1	9.5	27%
7	L社	4	18.0	3.1	28%
8	N社	4	18.0	2.9	21%
9	O社	3	13.5	2.55	27%
10	P社	2	9.0	1.1	21%
11	Q社	1	4.5	0.55	42%
12	R社	1	4.5	0.35	30%
13	S社	1	4.5	0.8	22%
14	T社	1	4.5	0.6	20%
15	U社	1	4.5	0.8	19%
16	不明	3	13.5	4	35%
合計		133台	600kg	209kg	35%

■解体後、分別したプラスチック



※1 詳細分析を進めるため、メーカー別回収台数の順位で6位以降を優先的に解体。
結果として、「F社」以降の台数が多くなっている

解体方法の詳細

電動ドライバー、スクレーパーなどを用いて部品ごとに解体

解体前



三菱 NJDD-10
※5.6kg



新品（参考）※2001年発売

解体 17.6分



手で取る



ネジを外す



ネジを外す



スクレーパー



ニッパーで切る



解体困難”箇所”
※別製品より（参考）

解体後

●プラスチック (30%)

└PP (1,088g)

└SPS (380g)

※ シンジオタクチックポリスチレン

└ABS (91g)

└不明 (145g)

●金属 (64%)

●複合材・その他 (6%)

└パッキン(ゴム)

└ウレタン断熱材

└蒸気口キャップ(プラ+金属)



組成・解体収支の分析

メーカー・炊飯器タイプごとのバラツキを確認。全解体の収益化は困難

A社

B社

C社

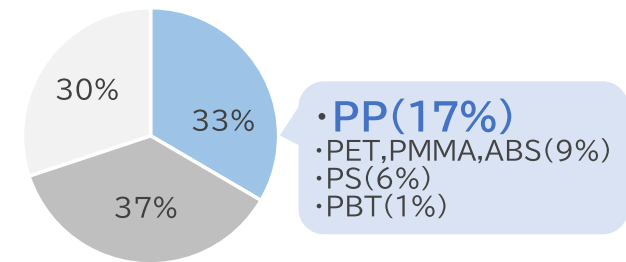
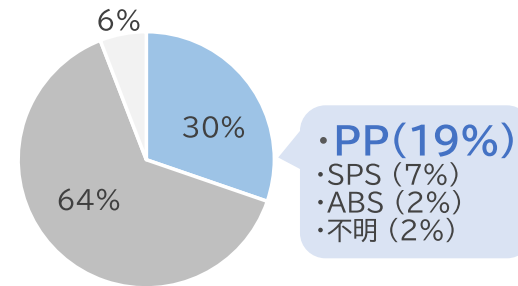
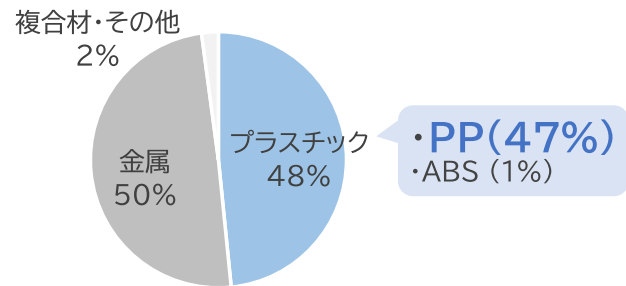
概要

- タイプ：マイコン式
- 重量：3kg
- 解体時間：11.7分

- タイプ：IH
- 重量：5.6kg
- 解体時間：17.6分

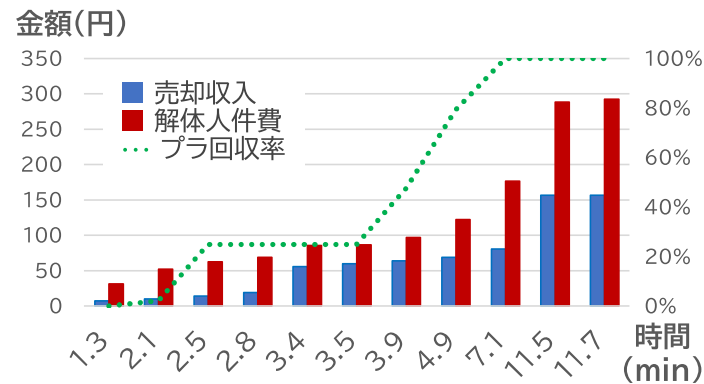
- タイプ：スチームIH
- 重量：5.6kg
- 解体時間：32.9分

組成

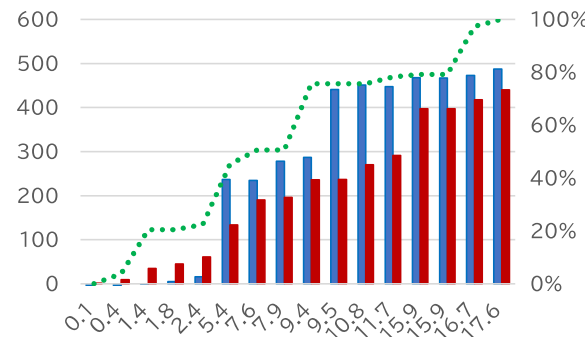


全解体
収支
(試算)

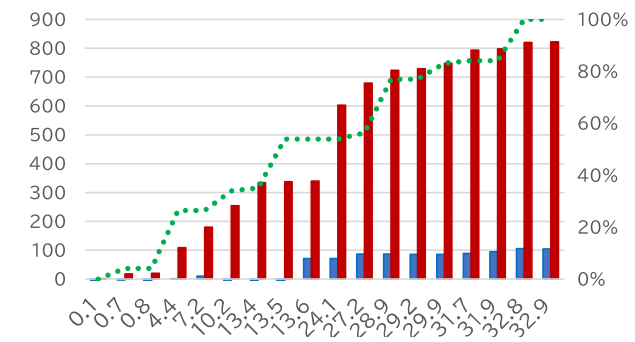
※回収・運搬
コストは試算外



マイナス



若干プラス (金属量が多いため)

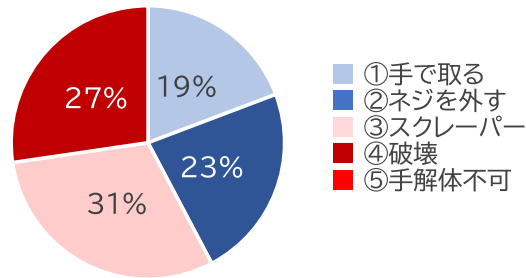


大幅マイナス (解体しにくいのため)

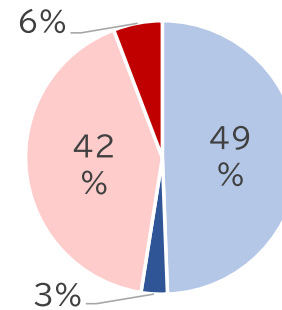
解体に時間がかかった箇所の分析

スクレーパーでこじ開ける、破壊せざる得ない個所が多く、時間がかかった

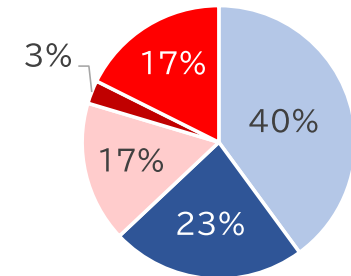
A社



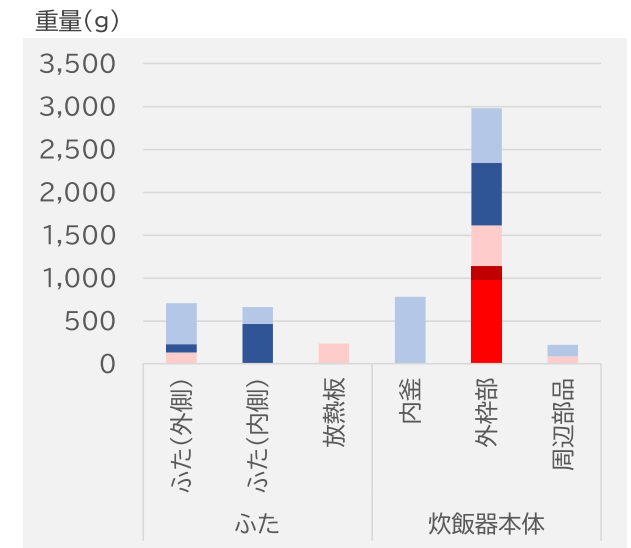
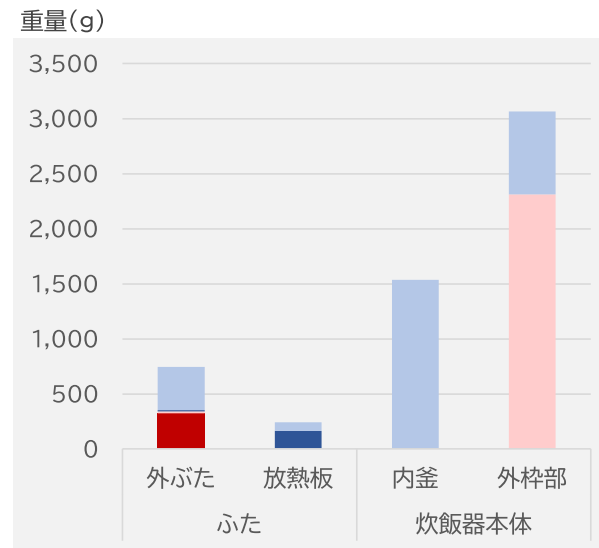
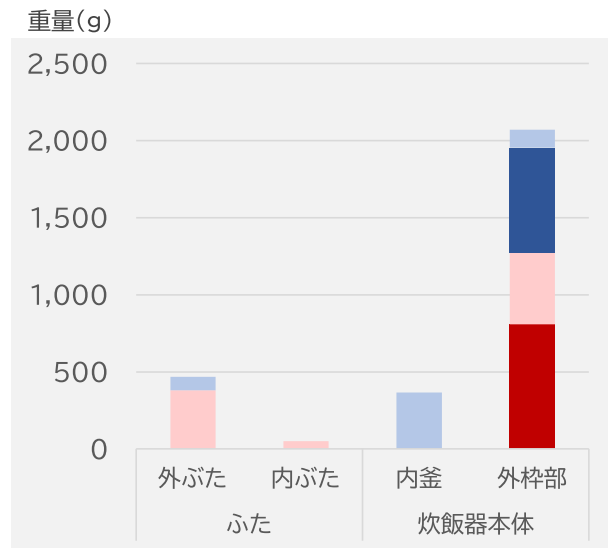
B社



C社



解体方法
ごとの割合
(重量ベース)



解体時間が
多い箇所

解体に時間がかかる理由

ネジをとっても分解できないなどの事例を確認

■ふたと本体の接合部

ネジを取っても分解できない



写真A



写真B

【解体方法】

1. プラ板のネジを外す
2. 手でふたを折ろうとするも折れず
3. プラ板を手で外す
4. 手でふたを折ろうとするも折れず
5. 金具を留めているネジを外す
6. 手でふたを取る
7. ニッパーでハーネスを切る

【作業時間】

4.7分

【時間がかかった理由】

- ①ふたと炊飯器本体を金具で接合していたため(写真A)
- ②接合部をプラ板で補強していたため(写真B)

■外枠体上部

- ネジ穴が塞がれている
- はめ込み式となっている
(スクレーパーで引き剥がす必要アリ)



【解体方法】

1. マイナスドライバー/スクレーパーで隙間をグリグリ
2. 金属枠を手で剥ぎ取る
3. ドライバーでネジ穴のふたを外す
4. ネジを外す
5. 外枠体上部を外す

【作業時間】

7.4分

【時間がかかった理由】

プラ枠を固定するネジのネジ穴が塞がれていたため

プラ粉碎の詳細

トータル188kgのプラスチックを粉碎

①PP

(手解体後に目視でPPのみ分別)

②その他

(PP抜き取り後の残ったプラ)

粉碎前



①、②より目視で除外



粉碎後



120kg



66kg

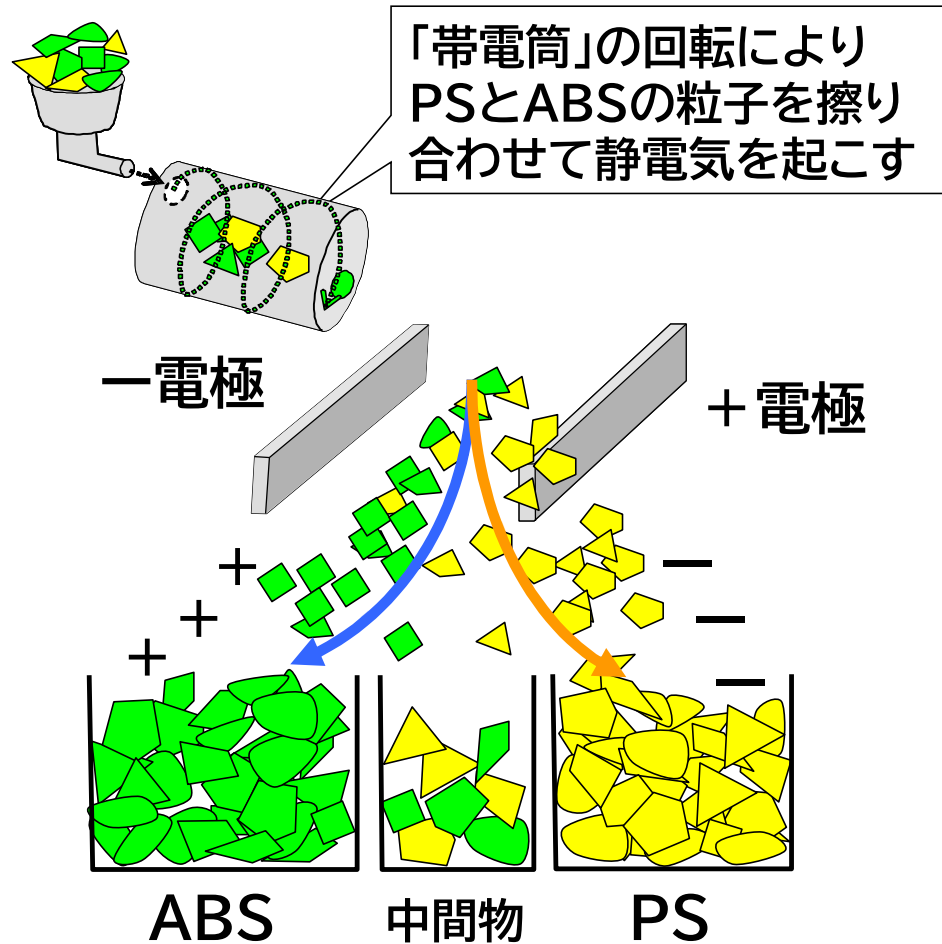


金属付きプラ
(粉碎不可)

22kg

静電選別の活用

■ 静電選別の原理



■ 静電選別の特徴

光学選別と比較して、、、

✓ 粒度・色の制約を受けにくい

✓ 高い回収純度

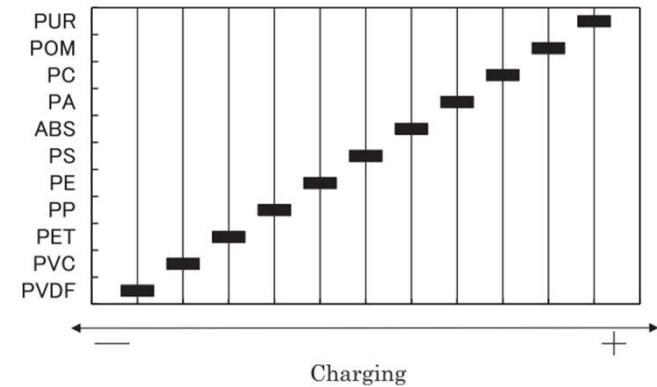
※ 共連れ・撃ち落とし“漏れ”がない

また、

✓ 3種以上の混合プラ選別可

✓ 帯電傾向の差があれば
様々な材料への適用可

■ 樹脂種別の帯電傾向

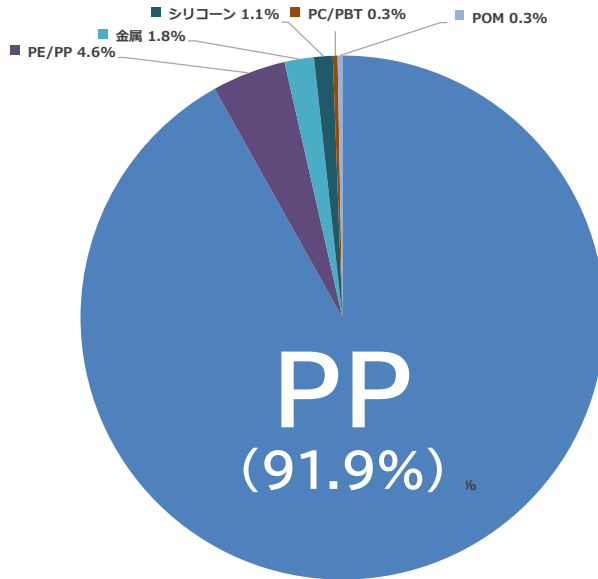


“静電選別前”の組成分析結果

3サンプルより、それぞれ200個の粉砕片を抜取り分析（近赤外線&中赤外線で判定）

①PP

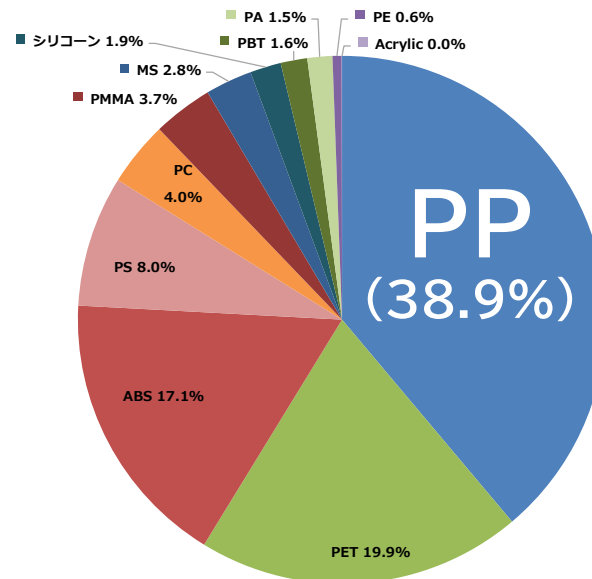
（手解体後に目視でPPのみ分別）



PP9割

②その他

（PP抜取り後の残ったプラ）

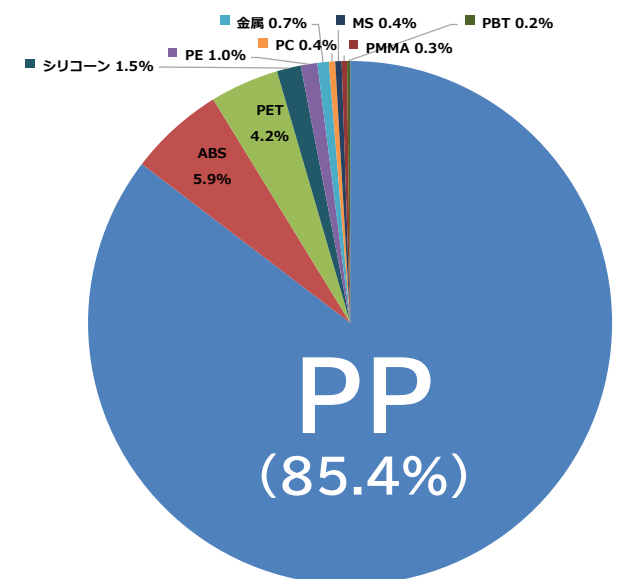


多種の樹脂

（PP4割、PET・ABS2割、PS1割）

③MIX ◀ 詳細後述

（人による樹脂判別・分別を行わない場合）



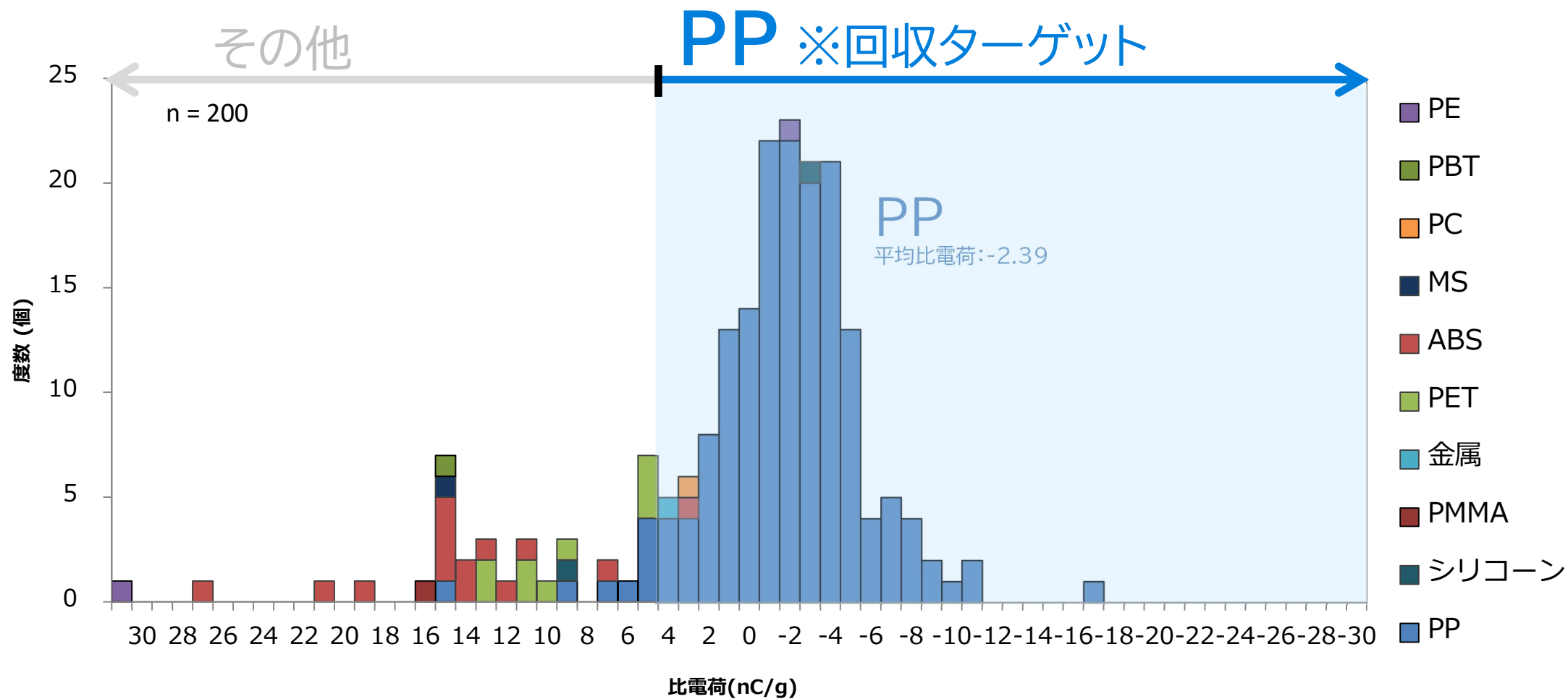
PP8～9割

（PET・ABS5%前後）

※①と②を6:4で混合したフレークを試験用に作成

「③」のMIX比電荷分布の分析結果

PPとそれ以外で比電荷に差異があることを確認

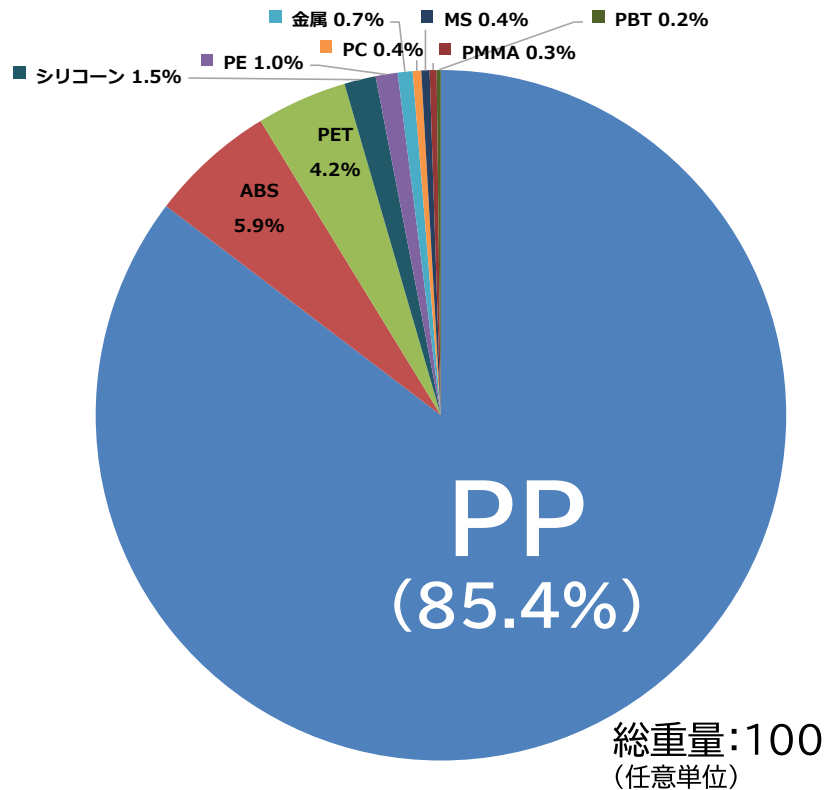


「③」の“静電選別後”の組成分析結果

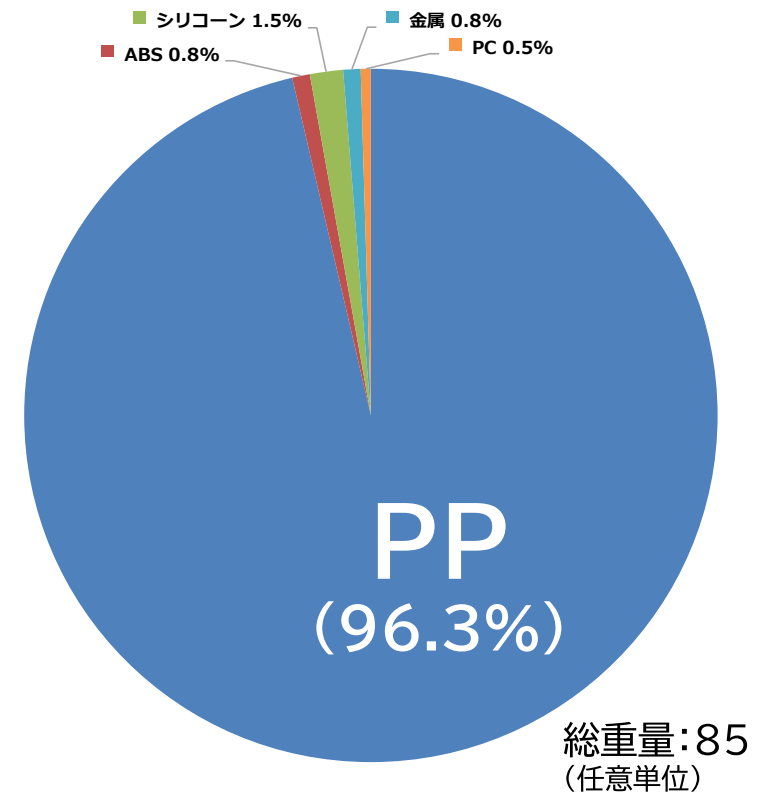
※回収率=回収PP/原料中PP×100%
純度=回収PP/回収全体×100%

PPを回収率96.4%、**純度96.3%**で回収可能な見込み

選別前

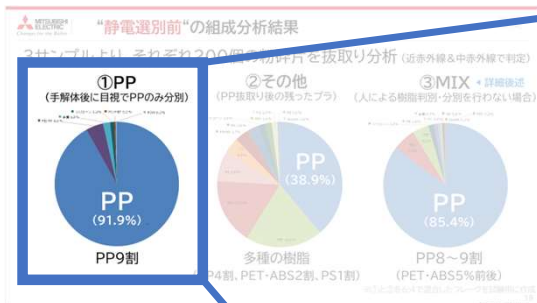


選別後



ペレット物性評価

静電選別前の「①PP」をリペレットしたサンプルの物性を評価



実際のペレット

No.	試験項目	内容(数値が高い場合の解釈)	単位	結果	備考
1	比重			1.03	
2	メルトフローレート	溶融プラスチックの流動性 (流れやすい)	g/10min	20.3	230℃ 16kg
3	引張弾性率	引っ張りに対する強さ (引っ張り方向の強度が強い)	MPa	2360	
4	引張降伏強度		Mpa	—	
5	引張破断伸度	破断時の材料の伸び (変形に耐える力が高い)	%	4	
6	曲げ強度	曲げ荷重に対する強さ (曲がりにくい)	MPa	46	
7	曲げ弾性率	//	MPa	2160	
8	アイゾット衝撃値	材料の衝撃に対する強さ (衝撃に強い)		3.5	

家電向けに出荷している類似の再生材(PP)と比較評価を実施中

課題・対策

再資源化トライ・評価結果を基に課題、対策を明確化

プロセス

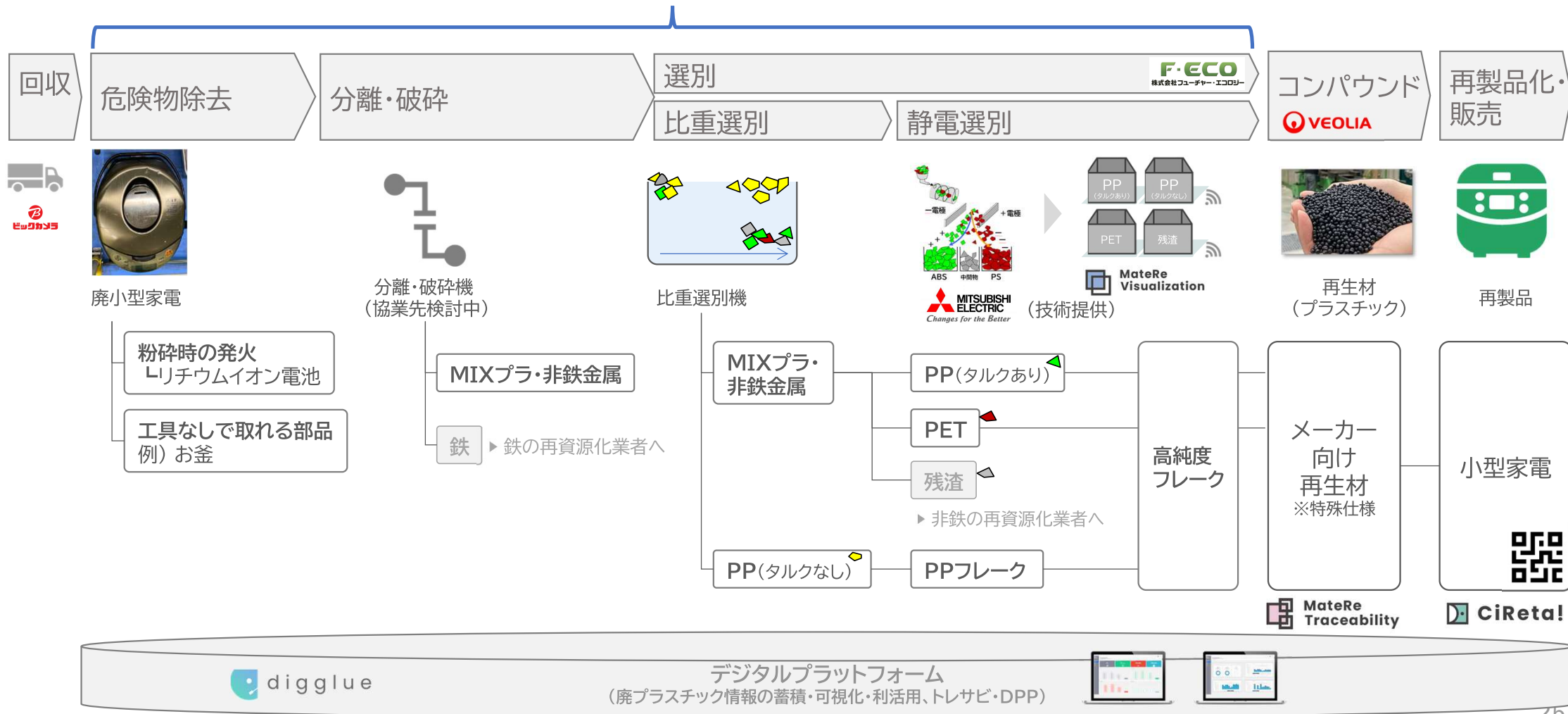
課題 (仮説含む)

対策

回収	●回収量の増大	●回収ルート of 拡充・拡大 (他企業の巻き込み)
解体	●解体コスト低減 (解体時間の削減) (特に圧力IHタイプ of 炊飯器)	●手解体ステップ of 大幅簡略化 例) 内窯だけ取り出し、即・破碎へ ●解体作業 of 省人・省力化・自動化
破碎	●ボタン電池・破碎時の発火リスク低減	●解体時に危険物を除去
選別・ コンパウンド	●選別設備費 of コスト低減 ●プラ種類・構成比率 of 適正化 ●選別困難物の混入防止 例) 複層・異材付きプラ	●複数の選別技術 of 活用 (赤外線・比重など)
再製品化	●再生プラ of 使用を促す法規制 ●単一素材化 / 解体・破碎 of 容易化 ●素材 of 安定供給 (質・量)	●プロジェクト成果発表・政策提言 (J4CE など) ●メーカーとの協業・要求明確化 ●材料 of 品質・データ管理 of 規格化
販売	●再生材 of 使用した製品 of 付加価値向上	●トレサビ、CFP 情報などを製品に付与

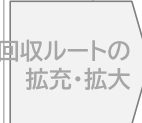
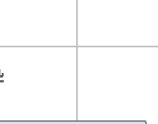
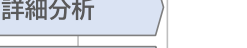
静脈プロセス（案）

省人、省スペースな中間処理パッケージ（解体・破碎・選別）の確立を目指す



活動計画

24年度中に立案した対策による課題解決（特に解体プロセスの）が可能か検証する

目的、活動項目			2023年度（令和5年度）				2024年度（令和6年度）											
			1Q (4～6月)	2Q (7～9月)	3Q (10～12月)	4Q (1～3月)	1Q			2Q			3Q			4Q		
							4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
フェーズ			調査・分析事業															
小電由来の 廃プラ リサイクル 率の向上	再資源化プロセス の確立	回収		 													 	
		解体・分別、 粉碎			 	 												
		高度選別			 													
					 													 
					 													
																		
		コンパウンド				 												
用途開発 (利用先の確保)								 										
											 							

以上
