

令和 4 年度環境省委託業務

令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等

資源循環システム構築実証事業

**（既設処理システムの改良によるシュレッダーダスト
の効率的な資源化技術の実証事業）**

成果報告書

令和 5 年 2 月

株式会社鈴木商会

要 約

廃プラスチック問題は、海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」や令和4年4月1日に施行された「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」に見られるとおり、解決に向け早急に取り組まなければならない環境課題である。シュレッダーダストの大半がサーマルリカバリーや埋立処分されている現状を踏まえ、政府が掲げる「2050年カーボンニュートラル」の実現に向け、シュレッダーダストの資源化への取り組みは急務となっている。

本実証事業では、既存のシュレッダーダスト選別工程に重液（比重 1.2）を用いた簡易的な湿式選別工程を新たに組入れることで、シュレッダーダストを「マテリアル・ケミカルリサイクル原料」、「石炭代替燃料」並びに「熔融炉技術によるリサイクル（金属類や塩化合物の回収等）」へ資源化することを目的に実施した。なお、本実証事業で対象としたシュレッダーダストは、自動車由来（ASR：Automobile Shredder Residue）、廃棄物由来（SR：Shredder Residue）、家電リサイクル由来、小型家電リサイクル由来の4種類である。

組成分析による発生由来別シュレッダーダストの特徴として、SR 以外はオレフィン系プラスチックが 50%以上含まれており、資源化の可能性が高いことが確認されたほか、SR と小型家電リサイクル由来は金属の含有率が 19~30%以上であり、オレフィン系プラスチックの含有率と合わせるとマテリアルリサイクルの可能性は 75%以上と高いことが確認された。

また、重液（比重 1.2）を用いた室内実験の結果では、すべてのサンプルで 75%以上が重液に浮上していることを確認した。また、SR 以外の重液に浮上したプラスチック類の塩素濃度は、RPF 燃料（0.3%）やセメント熱源（2%）の基準を下回っており、石炭代替燃料としての利活用が可能であることを確認した。

トロンメルにて洗浄、重液（比重 1.2）と水（比重 1.0）を使用しプラスチックの選別を実施した実証プラントによる実証試験の結果では、ASR についてはマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 25%、石炭代替燃料として約 27%、金属として約 2%、合わせて約 54%が、SR についてはマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 8%、石炭代替燃料として約 19%、金属として約 33%、合わせて約 60%が、家電由来についてはマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 2%、石炭代替燃料として約 63%、金属として約 9%、合わせて約 74%が、小型家電由来についてはマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 8%、石炭代替燃料として約 48%、金属として約 19%、合わせて約 75%が資源化できる可能性がそれぞれ確認できた。

CO₂削減効果については、重液選別装置を新たに導入し、かつレーザーフィルター押出成型機で2次プラスチック製品を生産した場合でも、ASR で 0.436 kg-CO₂/t、SR で 1.36 kg-CO₂/t、家電で 0.272 kg-CO₂/t、小型家電で 0.139 kg-CO₂/t の CO₂削減が可能と算出された。

また、回収されたプラスチック類の資源性については、マテリアルリサイクル原料としては「レーザーフィルター製品」で雑貨用に 30~50 円/kg、「改良原理に手選別を加えた製品」で自動車部品材として 20~65 円/kg で販売できる可能性を確認した。また、石炭代替燃料としてはコー

クス価格同等との評価も頂いた。

事業収支については、「レーザーフィルター製品」と「改良原理に手選別を加えた製品」の2つ製品のマテリアルリサイクル原料を作るケースについて、また、各ケースの中で「事業採算が取れるパターン」と「最高利益を得られるパターン」の2つのパターンについて算出を行った。

「事業採算が取れるパターン」では、両ケースとも資源化された製品の販売だけでは売上利益は赤字で事業化は厳しいが、本事業実施前のシュレッダーダストの処分コストが軽減されるため、シュレッダーダスト全体の事業として成立させることは可能であることを確認した。

また、「最高利益のパターン」では、両ケースとも資源化された製品を販売するだけで売上利益を黒字化にできることを確認した。なお、「改良原理に手選別を加えた製品」のケースは樹脂マテリアル原料の高品質化が図られるため、「レーザーフィルター製品」のケースに比べ売上高を約12%向上させることができることを確認した。併せて、年間で概ね3,000t以上のシュレッダーダストを処理すれば事業採算が取れることも分かった。

今後の展開としては、2025年までに本実証事業で明らかにできた課題をひとつずつ解決し社会実装に繋げていく所存である。

本実証事業で得られた知見を踏まえ、海洋プラスチックをはじめとする廃プラスチック問題の解決に努めるとともに、「2050年カーボンニュートラル」や「循環型社会形成」の一助に成るべく、シュレッダーダストの資源化に努めていくとともに、微力ではあるが、最終処分場の延命、化石燃料の使用量削減、家電リサイクル法の洗濯機から回収された塩水の活用等、環境改善にも貢献していく所存である。

Summary

The plastic waste problem is an environmental issue that must be urgently addressed, as stated in the Osaka Blue Ocean Vision, which aims to eliminate pollution from marine plastic waste, and the Plastic Resource Circulation Act of Japan, which went into effect on April 1, 2022. Given the current situation, in which the majority of shredder dust is subjected to thermal recycling or landfill disposal, efforts to develop technology to convert shredder dust into resources are urgently needed to achieve the national government's goal of realizing carbon neutrality by 2050.

This demonstration project aims to develop a technique to convert shredder dust into recycled resources, namely, “raw materials for material/chemical recycling,” “fuel alternative to coal,” and “recycled metals” (recycled materials made with melting furnace technology (e.g., recovery of metals, chloride compounds). To achieve this goal, we incorporated a simple wet sorting process into an existing shredder dust sorting process, using a heavy liquid of specific gravity 1.2. The shredder dust targeted in this demonstration project is of four types: automobile shredder residue (ASR), shredder residue (SR), shredder dust from home appliance recycling, and shredder dust from small home appliance recycling.

Analyzing the characteristics of the four types of shredder dust with different origins, we found that olefinic plastics were contained at a level of 50% or higher in all types except for SR, suggesting a high potential for recycling. Metals were contained at levels of 19%–30% or higher in SR as well as in shredder dust derived from small home appliance recycling. Combined with olefinic plastics, these types of shredder dust contained more than 75% of recyclable materials, exhibiting high potential for material recycling.

In a laboratory experiment using the heavy liquid, more than 75% of the particles floated in the heavy liquid in all samples. With the exception of SR, the chlorine concentrations of the plastics that floated in the heavy liquid were below the standard values for RPF fuel (0.3%) as well as for heat sources for cement making (2%). Thus, we concluded that they can be used as a fuel alternative to coal.

We conducted a demonstration test at a demonstration plant to investigate the sorting of waste plastics, using a trommel washer. With the use of the heavy liquid (specific gravity: 1.2) and water (specific gravity: 1.0), the following findings were obtained: for ASR, a total of ~54% can potentially be recycled (25% as raw materials for material/chemical recycling, ~27% as alternative fuel, and ~2% as recycled metals); for SR, a total of ~60% can potentially be recycled (~8% as raw materials for material/chemical recycling, ~19% as alternative fuel, and ~33% as recycled metals); for home appliance origin, a total of ~74% can potentially be recycled (~2% as raw materials for material/chemical recycling, ~63% as alternative fuel, and ~9% as recycled metals); and for small home appliance origin, a total of ~75% can potentially be recycled (~8% as raw materials for material/chemical recycling, ~48% as alternative fuel, and ~19% as recycled metals).

We also found that CO₂ can be reduced even with the installation of a new heavy-liquid separation system and the use of a laser filter extruder to produce secondary plastic products (calculated reductions were as follows: 0.436 kg-CO₂/t for ASR, 1.36 kg-CO₂/t for SR, 0.272 kg-CO₂/t for home appliance origin, and 0.139 kg-CO₂/t for small home appliance origin).

We investigated the marketability of the collected plastics as raw materials for material recycling and found that products made with a laser filter extruder (“laser filter products”) can be sold at 30–50 yen/kg for sundry goods, whereas products made with an ordinary extruder after manual and mechanical sorting (“manually/mechanically sorted products”) have a market value of 20–65 yen/kg as materials for automobile parts. As a fuel alternative to coal, the recycled materials were evaluated to have market values equivalent to the price of coke.

The revenues and expenditures of the project were calculated for the two cases of “laser filter products” and “manually/mechanically sorted products” under the two premises of a “commercially profitable pattern” and “most profitable pattern.”

In the commercially profitable pattern, profits from the sale of recycled products alone would end in a deficit, suggesting the difficulty in commercialization in both cases. However, when possible cost reduction for shredder dust disposal resulting from the implementation of this project is taken into account, the entire shredder dust business may potentially be viable.

In the most profitable pattern, sales of recycled products alone can produce profitability in both cases. We also found that “manually/mechanically sorted products” would improve profits by ~12% over that of “laser filter products,” as the former can provide greater quality of resin raw materials. It was also found that the business could be profitable if 3000 tons or more of shredder dust were processed annually.

In the coming years, we will consider each of the issues identified in this demonstration project, aiming to realize societal implementation of the project by 2025.

Using the knowledge gained from this demonstration project, we will strive to solve the issue of plastic waste, including marine plastic waste, while undertaking the conversion of shredder dust into resources. Our aim is to contribute to achieving carbon neutrality by 2050 and create a recycling-oriented society. Furthermore, though on a modest scale, we will contribute to improving the environment by extending the life of final disposal sites, reducing the use of fossil fuels, and making use of salt water recovered from used washing machines recycled under the Home Appliance Recycling Act.

目 次

	頁
I.背景と目的.....	1
II.業務実施内容.....	2
1. 発生由来別シュレッダーダストの特性把握.....	2
1.1 発生由来別シュレッダーダストの重量マテリアルバランス及び塩素含有量等の把握	2
1.1.1 発生由来別シュレッダーダストのサンプル作成	2
1.1.2 組成分析.....	5
1.1.3 室内実験.....	9
2. 実証プラントによる実証試験	14
2.1 既存シュレッダーダスト選別工程の改良に向けた検討	14
2.1.1 実証プラントによる実証試験	14
2.2.基本設計の実施.....	23
2.2.1 基本設計の条件.....	23
2.2.2 基本設計	23
2.3 設備導入コストの算出	27
2.3.1 投資対効果.....	27
3. LCA の検証・評価	30
3.1CO ₂ 削減効果の試算.....	30
3.1.1 評価の目的	30
3.1.2 条件設定	31
3.1.3 廃棄・リサイクル手法における CO ₂ 削減量の評価.....	35
3.1.4 重液選別プロセスによる想定資源化構成	42
3.1.5 本事業による CO ₂ 削減量の評価.....	43
4. 回収物及び施設展開に関する市場調査	47
4.1 回収物の資源性評価	47
4.1.1 マテリアルリサイクル原料としての資源性評価	47
4.1.2 ケミカルリサイクル原料としての資源性評価.....	51
4.1.3 使用済み比重 1.2 重液と沈降物の資源化の検証.....	55
4.2 回収物の売却可能性の検討	60
4.2.1 ヒアリング調査.....	60
4.3 同行他社への設備導入可能性の検討.....	69
4.3.1 ヒアリング先の選定.....	69
4.3.2 ヒアリング調査.....	70
4.4 事業性の評価.....	82

4.4.1 事業規模の推計.....	82
4.4.2 収益性の評価.....	84
III. おわりに.....	87
参考資料.....	88
参考資料 1、マテリアルプラスチック原料の物性値の考え方.....	89
参考資料 2、製品用途別の物性値の必要性.....	90
参考資料 3、レーザーフィルター押出成型機による製品化プラスチックの物性評価.....	91
参考資料 4、押出成型機による製品化された手選別プラスチックの物性特性.....	92
参考資料 5、ケミカルリサイクル用分析データ.....	93
参考資料 6、各工程の熱量とハロゲン分析データ.....	113
参考資料 7、リサイクル残渣の資源性.....	118
参考資料 8、環境省「平成 28 年マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて.....	137

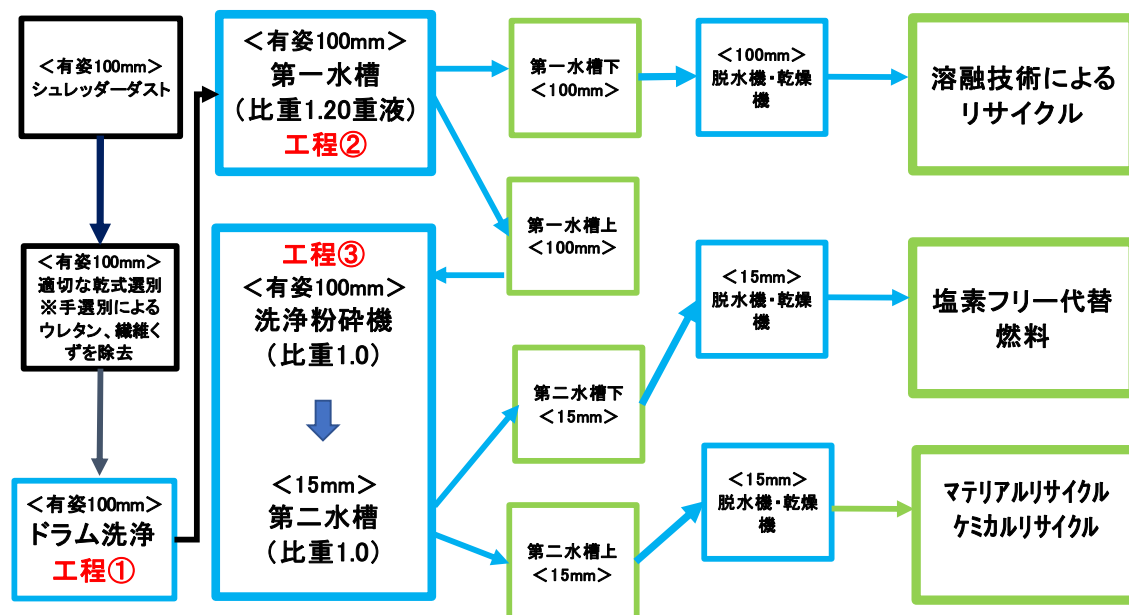
I. 背景と目的

資源リサイクラーを取り巻く環境はサステナブル（持続可能性）へと大きく舵を切り始めている。廃プラスチック問題は、海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」や令和4年4月1日に施行された「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」に見られるとおり、解決に向け早急に取り組まなければならない環境課題である。

市中から回収され大量に発生する産業廃棄物由来等の混合プラスチックの資源化を行うことで、マテリアル・ケミカルリサイクル原料や2次プラスチック原料に不向きなシュレッダーダストが必ず発生し、現在はこの大半がサーマルリカバリーや埋立処分されているが、政府が掲げる「2050年カーボンニュートラル」の実現に向け、脱炭素への取り組みは急務となっている。

本実証事業では、図1に示すとおり、シュレッダーダストを「マテリアル・ケミカルリサイクル原料」、「石炭代替燃料」並びに「熔融炉技術によるリサイクル（金属類や塩化合物の回収等）」へ資源化することを目的に以下の事項を実施した。

- (1) 発生由来別シュレッダーダストの特性把握
- (2) 実証プラントによる実証試験
- (3) LCAの検証・評価
- (4) 回収物及び施設展開に関する市場調査



凡例：空色枠が実証で新たに導入する設備、緑枠は回収される資源と想定用途

図1 本実証事業の概要

II. 業務実施内容

1. 発生由来別シュレッダーダストの特性把握

1.1 発生由来別シュレッダーダストの重量マテリアルバランス及び塩素含有量等の把握

1.1.1 発生由来別シュレッダーダストのサンプル作成

(1) 発生由来別シュレッダーダストの利用手続き

実証事業の実施にあたっては、廃掃法などの法令を所管する関係行政機関、自動車リサイクル法・家電リサイクル法に関する管理機関・事業者、小型家電リサイクルに関しては排出自治体との事前協議と了解をいただき実施したところである。

(2) 資源化対象物

資源化対象物は、弊社主力工場である石狩事業所にて。

廃棄物処理法等に基づき回収した使用済み製品や廃自動車、産業廃棄物を破碎処理したシュレッダーダストで、図2に示す非鉄サイクロン下ダストとした。なお、非鉄サイクロン下ダストは石狩事業者から排出される全シュレッダーダスト（10,000t／年）の約5割（ASR（Automobile Shredder Residue）：53%、産業廃棄物由来（以下（SR（Shredder Residue）と称す。）：41%、家電由来：65%、小型家電由来：38%、平均で約50%）を占めている。

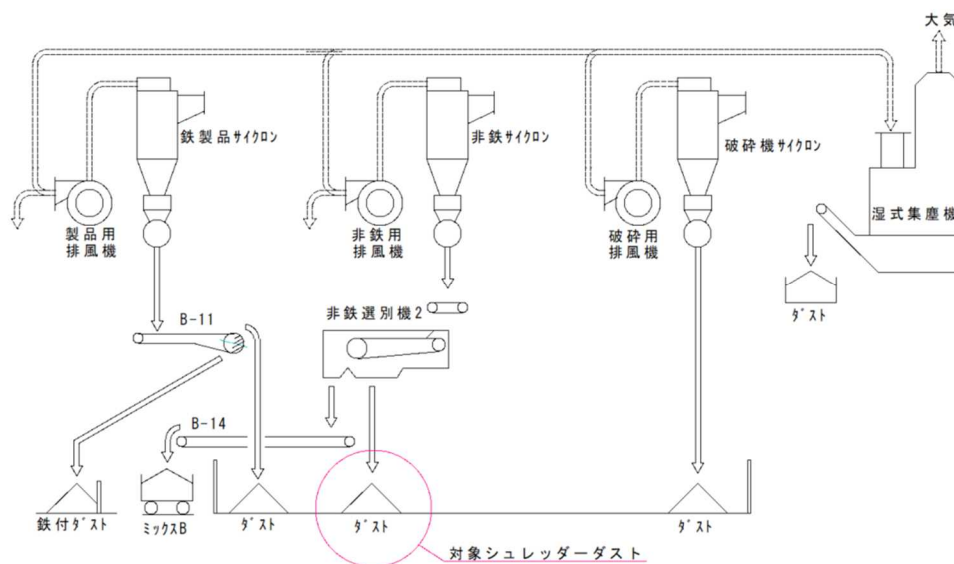


図2 既存処理システムと資源化対象シュレッダーダスト（写真1、2参照）



写真1 既存シュレッダーと対象シュレッダーダスト



写真2 発生由来別資源化対象シュレッダーダスト

(3) 適正な乾式選別

手選別にて資源化対象物からウレタンと繊維くずを除去した（写真3～6参照）。ウレタンと繊維くずを除去したシュレッダーダストを実証試験用サンプル（以下「対象母材」と称す。）として扱った。



写真3 ASR から手選別除去したダスト



写真4 SR から手選別除去したダスト



写真5 家電由来から手選別したダスト



写真6 小型家電由来から手選別除去したダスト

(4) 対象母材の作成

対象母材の作成は、発生由来別にバッチ処理した非鉄サイクロン下ダストを「一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について（環整 95 号）」に準拠し、四分法にてそれぞれ 600kg ずつ採取し、「適正な乾式選別」を行った後、室内試験用に 5 kg、組成分析用に 5 kg それぞれ分取し、残りは実証試験用に用いた。なお、実証試験用サンプルは発生由来別に 3 サンプル（合計 12 サンプル）作成した（写真 7 参照）。



写真 7 実証試験用サンプル

1.1.2 組成分析

(1) 重量マテリアルバランス

組成分析用に作成したサンプル（5 kg）を用いて手選別にて、オレフィン系プラスチック、金属類並びにその他としてガラス陶磁器くずや 10 mm アンダーを分別し重量を計量した。なお、重量マテリアルバランスの整理にあたっては、「(3) 適正な乾式選別」で実施した非オレフィン系プラスチック及び繊維くずの重量を加味した。

繊維くずは「その他」として取扱った。重量マテリアルバランスの整理結果は表 1 及

び図 2 に実施状況を写真 8 に選別された金属やその他は写真 9 に示すとおりである。

発生由来別に見てみると、SR 以外はオレフィン系プラスチックが 50%以上含まれており、プラスチックの資源化可能性が高いことが確認された。また、SR と小型家電由来は金属の含有率が 19～30%以上で、オレフィン系プラスチックの含有率と合わせるとマテリアルリサイクルの可能性は 75%以上と高いことが確認された。

表 1 重量マテリアルバランス

サンプル 1					(kg)
対象母材	選別後母材	ウレタン	金属	その他	合計
ASR	92	23.75	1.65	41.2	158.6
SR	90	6.6	108.45	26	231.05
家電	106.58	39.62	11.56	31.8	189.56
小型家電	136.2	26.8	43.25	32.3	238.55
サンプル 2					
対象母材	選別後母材	10mmアンダー	金属	その他	合計
ASR	105.4	23.3	2	50.1	180.8
SR	117	3.2	77.76	62	259.96
家電	96.3	29.34	7.34	14.44	147.42
小型家電	85.4	16.4	40.8	21.5	164.1
サンプル 3					
対象母材	選別後母材	10mmアンダー	金属	その他	合計
ASR	93.7	25	5.3	47.1	171.1
SR	123	26.3	47.9	32.1	229.3
家電	115.5	27.4	29.3	20.1	192.3
小型家電	75.5	16.8	15.7	24.2	132.2
3 サンプル平均					
対象母材	選別後母材	ウレタン 10mmアンダー	金属	その他	合計
ASR	97.0	24.0	3.0	46.1	170.2
SR	110.0	12.0	78.0	40.0	240.1
家電	106.1	32.1	16.1	22.1	176.4
小型家電	99.0	20.0	33.3	26.0	178.3

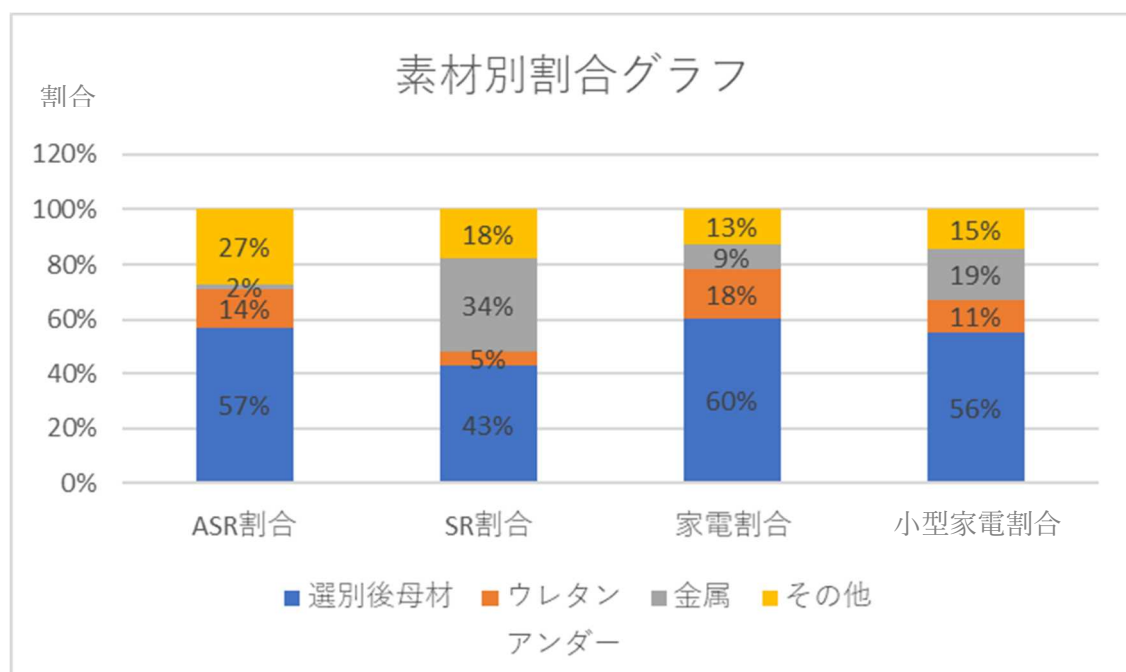


図2 発生由来別重量マテリアルバランス



写真8 組成分析実施状況



写真9 選別された金属・その他（10 mmアンダー）

(2) 塩素含有量

塩素含有量分析の結果は表 2 に示すとおりである。

分析は「JIS-Z 7302-6 10.1 及び 11.2」により実施したが、サンプルに雑線などの金属類が含まれていることもあり、ふるい下の細かいものを乾燥した後に微粉碎し、組成分析で明らかになった結果をもとに雑線被覆を混ぜて分析サンプルとした。

なお、分析は 2 社にて実施した。

分析の結果、分析検体でのバラツキが見られ傾向を把握するには至らなかった。

表 2 発生由来別シュレッダーダストの塩素含有量

発生由来	全塩素（単位：Wt%）	
	分析会社 A	分析会社 B
ASR	0.99	0.08
SR	1.29	2.11
家電	0.48	1.77
小型家電	0.73	0.03

1.1.3 室内実験

(1) 改良原理

「改良原理」とは、弊社及び共同事業者が有する 4 つの出願特許（①特願 2019-20310「自動車廃棄物の再資源化方法及びその再資源化設備」、②特願 2019-176351

「自動車廃棄物の再資源化方法及びその再資源化設備」、③特願 2020-107988「廃棄物の選別方法、リサイクル材料の製造方法及びその処理装置」）、④特開 2021-109309「廃プラスチックの比重選別処置方法及びその処理装置」を組合わせた技術で、「適正な乾式選別」を行った後のシュレッダーダスト（概ね 180×75 mm の大きさ）を比重 1.2 の重液に浸すことで、オレフィン系プラスチックを浮上させ、それ以外を沈降させるというものである。比重 1.2 の重液による選別を事前に行うことで、後工程の選別能率を向上させ、併せて資源化率も向上させるというものである。

(2) 室内実験装置の作成

室内実験装置の作成は写真 10 に示すとおりである。

大きさ（1500×600×500）の水槽に市販の塩化カルシウム（純度 CaCl₂：75.00%）を 108.5 kg 混ぜ入れ約 0.450 m³の比重 1.2 重液の実験水槽を作成した。

重液作成に使用した塩化カルシウムの購入費は約 6,000 円（55 円/kg）であった。

【室内実験水槽】



【塩化カルシウム】



【塩分濃度計測風景】



【重液作製風景】



写真 10 室内実験装置の作製風景

(3) 重量マテリアルバランス

重量マテリアルバランスの室内実験は、「2.1.1.1(4)対象母材の作成」で分取した「室内実験用」のサンプル (5 kg) を用いて実施した。

室内試験の実施状況は写真 11 に、重量マテリアルバランスの結果は表 3 に示すとおりである。サンプル投入後、軽く攪拌することで分離が始まることを確認した。

また、すべてのサンプルで 75%以上が比重 1.2 の重液に浮上していることを確認し、改良原理による選別は有効であることを確認した。なお、近赤外分光高度計を用いてプラスチック種類の判別を行った結果、浮遊したプラスチック類は PC (ポリカーボネート)、ABS、PA (ポリアミド：ナイロン)、PMMA (メタクリル樹脂)、PE (ポリエチレン)、PP (ポリプロピレン) で、沈降したプラスチック類は PBT (ポリブチレンテレフタレート)、POM (ポリアセタール)、PET (ポリエチレンテレフタレート)、PC (ポリカーボネート) が主であった。

表3 室内試験による重量マテリアル分析結果

ASR比重1.2水槽実験

名称	重量(kg)	比率
浮上品	4.3	77%
沈降品	1.3	23%
投入量	5.6	100%

SR比重1.2水槽実験

名称	重量(kg)	比率
浮上品	4.3	76%
沈降品	1.35	24%
投入量	5.65	100%

家電比重1.2水槽実験

名称	重量(kg)	比率
浮上品	4.5	83%
沈降品	0.9	17%
投入量	5.4	100%

小家電比重1.2水槽実験

名称	重量(kg)	比率
浮上品	4.78	86%
沈降品	0.8	14%
投入量	5.58	100%

ASR浮上品プラスチック判別結果



ASR沈降品プラスチック判別結果



近赤外分光高度計：プラスチック種類判別計
型式：PlaScan-W（黒色は分析不可）

【サンプル投入】



【攪拌状況】



【層厚の計測】



【終了後塩分濃度計測】



【浮上物の計測】



【沈降物の計測】



写真 11 室内試験の実施状況

(4) 塩素マテリアルバランス

比重 1.2 の重液に浮上したプラスチック類と沈降したプラスチック類を用いて塩素濃度分析を実施した。分析結果は表 4 に示すとおりである。

家電由来のプラスチック類は家電リサイクル法に基づく選別過程で手解体による分離回収、マテリアル資源化が徹底されていることから、シュレッダー処理がなされるプラスチック類はほぼ均一化されていることが伺われた。その他の発生由来別プラスチック類は改良原理の想定通りの塩素バランス傾向にはあるが、SR に限っては浮上したプラスチック類も塩素濃度が高く、雑多物の特性が浮き彫りとなった。なお、SR を除く浮上したプラスチック類は RPF 燃料及びセメント熱源の基準（0.3%以下、2%以下）を下回っており石炭代替燃料としての利活用が可能なことを確認した。

表 4 塩素マテリアルバランス

発生由来	浮上したプラスチック類 (単位：%)	沈降したプラスチック類 (単位：%)
ASR	0.07	4.65
SR	5.76	13.9
家電	0.04	0.35
小型家電	0.05	4.42

(5) 比重 1.2 重液に浮上したプラスチック類の特性

比重 1.2 重液に浮上したプラスチック類をサンプルとしてハロゲン濃度及び発熱量の分析を実施した。分析結果は表 5 に示すとおりである。

比重 1.2 重液に浮上したプラスチック類は発生由来別いずれのものも、硫黄分については「石炭含有品質基準」である 1%以下を満足していた。発熱量も一般の石炭・コークス（28,000～30,000kJ/kg）に比べ 2 割～ 3 割以上高いことが確認された。燃料としての活用は可能であることを確認した。

表 5 比重 1.2 重液に浮遊したプラスチック類の特性

発生由来	分析項目			
	フッ素 (単位：%)	臭 素 (単位：%)	硫黄分 (単位：%)	総発熱量 (KJ/kg)
ASR	<0.01	<0.01	0.11	39700
SR	0.10	0.09	0.11	37000
家電	0.78	0.12	0.02	36300
小型家電	0.01	0.37	0.07	40000

2. 実証プラントによる実証試験

2.1 既存シュレッダーダスト選別工程の改良に向けた検討

2.1.1 実証プラントによる実証試験

(1) トロンメル式洗浄機による洗浄試験

比重 1.2 の重液への反応を良くするねらいと土砂などの洗浄を目的に開発したトロンメル洗浄機は写真 12 に、処理能力等の諸元は表 6 に示すとおりである。

「1.1.1(4)対象母材の作成」で作成した実証試験用サンプル（12 サンプル）を用いて実施したトロンメル洗浄機による洗浄試験の結果は、次工程の比重 1.2 の重液が短時間で汚れてしまう結果となった。この原因としては、土砂などを除去するために 30 mm の穴を設けたことと洗浄水を噴霧式にしたため、水との接触時間が十分にとれず、付着物の洗浄には中途半端であったと考えられる。また、次工程に繋ぐコンベアベルトにプラスチックが付着しリターン側へそのまま搬送されてしまう現象も確認される等、実装に向けての改良点を明らかにすることができた。確認された設備上の改良点は表 7 に示すとおりである。

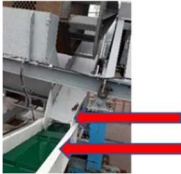


写真 12 開発したトロンメル洗浄機

表 6 トロンメル洗浄機の諸元

処理能力	定格消費電力
3 t /時間	2.2Kw

表7 トロンメル洗浄機の改良点

問題点と課題	対処方法及び改善策
【トロンメル式洗浄機】	
・付着物の洗浄がうまくいかない。（比重1.2の重液が汚れる。）	・設備の角度の変更、水槽部作成などを検討（基本設計に反映）
	 トロンメルの角度を緩め、内部構造の水噴射位置を改良する。
・比重1.2重液槽へのコンベヤ部他に物が滞留する。	・コンベヤの素材の改良やコンベヤーとの繋ぎの改良を検討（基本設計に反映）
	 落ち口にて角度がついているので、基本設計では角度無し、ベルトコンベアをチェーンコンベアにする。 

(2) 比重 1.2 の重液選別装置による実証試験

実証試験に用いた比重 1.2 の重液選別装置は写真 13 に、処理能力等の諸元は表 8 に示すとおりである。

トロンメル式洗浄機で洗浄された実証試験用サンプルを用いて実施した選別結果は表 9 に示すとおりである。いずれのサンプルも室内試験の結果と同様な傾向を示しており比重 1.2 の重液を用いた選別は実装可能性が高いことを確認した。ただし、SR については、室内試験の結果よりも選別率が悪くなっており、雑多物の選別の難しさが改めて確認できた。また、実証試験を通じて確認された設備上の改良点は表 10(1)～(2)に示すとおりである。



写真 13 比重 1.2 の重液選別装置

表 8 比重 1.2 の重液選別装置の諸元

処理能力	定格消費電力
3 t /時間	1.5Kw

表 9 比重 1.2 の重液選別装置による選別結果

ASR				SR			
1.2選別工程				1.2選別工程			
工程別	重量(kg)	比率	室内実験比率	工程別	重量(kg)	比率	室内実験比率
浮上	74.0	76.3%	77.0%	浮上	56.0	50.9%	76.0%
沈降	21.0	21.6%	23.0%	沈降	49.0	44.5%	24.0%
目減り	2.0	2.1%	0.0%	目減り	5.0	4.5%	0.0%
投入	97.0	100.0%	100.0%	投入	110.0	100.0%	100.0%

家電				小型家電			
1.2選別工程				1.2選別工程			
工程別	重量(kg)	比率	室内実験比率	工程別	重量(kg)	比率	室内実験比率
浮上	88.0	83.0%	83.0%	浮上	85.0	85.9%	86.0%
沈降	8.0	7.5%	17.0%	沈降	6.0	6.1%	14.0%
目減り	10.0	9.4%	0.0%	目減り	8.0	8.1%	0.0%
投入	106.0	100.0%	100.0%	投入	99.0	100.0%	100.0%

表 10 (1) 比重 1.2 の重液選別装置の改良点

【実証プラントによる実証試験 2/5】

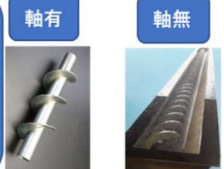
問題点と課題	対処方法及び改善策
【比重1.2の重液選別機】	
・スクリーンに物が挟まれ、その影響で回りに飛散する物が多い。	・スクリーンの一部をカットし改良  
・比重1.2の重液選別層のモニタリングの仕方。	・比重計及び水量計による塩素濃度と重液量のモニタリング方法の検討（基本設計に反映）。 ・家電R（洗濯機の重液）を活用した比重1.2の重液保管槽と重液の再生設備の検討（基本設計に反映）。 
・比重1.2に沈んだ物の回収が出来ない。	・回収ラインの角度変更と軸無しスクリーンに改良  
・金属類を多く含んだ物の選別が出来ない。	・スクリーンコンベアをバケットコンベアに変更（基本設計に反映）  
・比重1.2に浮いた物の回収箇所に滞留が発生。	・回収箇所の改良（基本設計に反映） 

表 10 (2) 比重 1.2 の重液選別装置の改良点

問題点と課題	対処方法及び改善策
【比重1.2の重液選別機】	
・設備、周辺のサビの進行が速い	・塩害対策について整理。  各種設備の架台についてはステンを採用しサビ対策を検討

(3) 粉碎洗浄機と比重 1.0 の水槽による実証試験

上述の「比重 1.2 の重液選別装置による実証試験」で選別され浮上したプラスチック類を用いて、粉碎洗浄機を市販している日本シーム株式会社にて実証試験を行った。

なお、現地立会は 2 回、オンライン立会は 4 回行った。

実証試験に用いた設備と選別されたプラスチック類は写真 14 に、実証試験結果は表 11 に示すとおりである。なお、粉碎の大きさは 12 mm とした。

実証試験の結果、比重 1.0 の水に浮上するマテリアル・ケミカルリサイクル原料としての可能性が高いプラスチック類の回収率は、ASR で 66.5%、SR で 35.6%、家電由来で 4.5%、小型家電由来で 17.8%であった。また、塩素濃度が低い石炭代替燃料（以下「塩素フリー代替燃料」と称す。）としての用途が期待できる比重 1.0 の水に沈降したプラスチック類の回収率は、ASR で 33.5%、SR で 64.4%、家電由来で 95.5%、小型家電由来で 82.2%であった。

【粉碎洗浄機】



【比重 1.0 の水槽】



【粉碎洗浄されたプラスチック類】



【比重 1.0 の水に浮上したプラスチック類】



写真 14 実証設備と回収されたプラスチック類

表 11 比重 1.0 の水槽による実証試験結果

発生由来別	区分	総重量 (kg)	比重1.0 浮上品重 量(kg)	脱水後浮 上品重量 (kg)	浮上品 比率	沈降品重 量(kg)	沈降品 比率	含水率
ASR	ASR①	19.5	16.38	12.42	63.7%	5.66	29.0%	2.0%
	ASR②	20.0	17.14	13.08	65.4%	5.84	29.2%	1.6%
	ASR③	20.0	14.94	11.44	57.2%	7.10	35.5%	1.9%
SR	SR①	15.0	5.38	3.50	23.3%	10.00	66.7%	2.7%
	SR②	18.5	10.58	7.42	40.1%	10.60	57.3%	4.4%
	SR③	18.5	10.34	7.00	37.8%	10.64	57.5%	3.6%
家電	家電①	20.0	1.68	0.58	2.9%	17.20	86.0%	1.4%
	家電②	19.5	1.62	1.32	6.8%	17.90	91.8%	2.5%
	家電③	20.0	0.98	0.60	3.0%	18.02	90.1%	1.8%
小型家電	小型家電①	19.5	4.58	3.04	15.6%	14.82	76.0%	2.1%
	小型家電②	20.0	4.90	2.96	14.8%	15.10	75.5%	2.3%
	小型家電③	20.0	5.10	3.84	19.2%	15.44	77.2%	1.8%

(4) 実証プラントによる実証試験のまとめ

実証プラントによる実施試験結果のまとめは表 12(1)～(2)に示すとおりである。

ASR についてはマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 25%、塩素フリー代替燃料として約 27%、金属として約 2%、合わせて約 54%が、SR ではマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 8 %、塩素フリー代替燃料として約 19%、金属として約 33%、合わせて約 60%が、家電由来ではマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 2 %、塩素フリー代替燃料として約 63%、金属として約 9 %、合わせて約 74%が、小型家電由来ではマテリアル・ケミカルリサイクル原料として約 8 %、塩素フリー代替燃料として約 48%、金属として約 19%、合わせて約 75%が資源化できる可能性が確認された。また、これまで埋立処分していたシュレッターダストを SR で▲28%、家電由来で▲29%、小型家電由来で▲36%削減できる可能性を確認した。なお、改良原理に基づく重液選別を行うことで、シュレッターダストの資源化は、実証プラントでも可能であることを確認した。

「埋立（塩素濃縮物含む。）」については、「4.1.3 使用済みの比重 1.2 重液と沈降回収物の資源化の検証」の項で後述するが、現時点では塩化揮発溶融炉を使った限られた技術での資源化可能性は確認できたが社会実装する場合にはその技術が普及していなければならないことから、現時点では「埋立」処分が妥当と考える。安定した資源化ができるように、今後の塩化揮発溶融炉の普及を期待するところである。

表 12(1) 実証プラントによる実証試験結果まとめ ―選別工程別の資源化状況―

ASR

対象母材	種類	選別前処理			1.2選別工程					1.0選別工程（脱水後）					リサイクル行き先		
		重量(kg)	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		リサイクル種類	重量(kg)	全体比率
ASR	選別後母材	97.0	57.1%	⇒	浮上	74.0	76.3%	43.5%	⇒	浮上	46.0	62.1%	27.0%	⇒	マテリアル・ケミカル	46.0	27.0%
	ウレタン	24.0	14.1%		沈降	21.0	21.6%	12.4%		沈降	23.1	31.3%	13.6%		塩素フリー石炭代替	23.1	13.6%
総量	金属	3.0	1.8%		目減り	2.0	2.1%	1.2%		目減り	4.9	6.7%	2.9%		金属	3.0	1.8%
170.0	その他	46.0	27.1%		投入	97.0	100.0%	57.1%		投入	74.0	100%	43.5%		目減り+その他(最終処分)	97.9	57.6%
															合計	170.0	100.0%

※目減り重量は水分（含水率1.84％）を含む。

SR

対象母材	種類	選別前処理			1.2選別工程					1.0選別工程（脱水後）					リサイクル行き先		
		重量(kg)	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		リサイクル種類	重量(kg)	全体比率
SR	選別後母材	110.0	45.8%	⇒	浮上	56.0	50.9%	23.3%	⇒	浮上	19.3	34.5%	8.0%	⇒	マテリアル・ケミカル	19.3	8.0%
	アンダー	12.0	5.0%		沈降	49.0	44.5%	20.4%		沈降	33.6	60.1%	14.0%		塩素フリー石炭代替	33.6	14.0%
総量	金属	78.0	32.5%		目減り	5.0	4.5%	2.1%		目減り	3.1	5.5%	1.3%		金属	78.0	32.5%
240.0	その他	40.0	16.7%		投入	110.0	100.0%	45.8%		投入	56.0	100%	23.3%		目減り+その他(最終処分)	109.1	45.4%
															合計	240.0	100.0%

※目減り重量は水分（含水率1.84％）を含む。

家電

対象母材	種類	選別前処理			1.2選別工程					1.0選別工程（脱水後）					リサイクル行き先		
		重量(kg)	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		リサイクル種類	重量(kg)	全体比率
家電	選別後母材	106.0	60.2%	⇒	浮上	88.0	83.0%	50.0%	⇒	浮上	3.7	4.2%	2.1%	⇒	マテリアル・ケミカル	3.7	2.1%
	アンダー	32.0	18.2%		沈降	8.0	7.5%	4.5%		沈降	78.6	89.3%	44.6%		塩素フリー石炭代替	78.6	44.6%
総量	金属	16.0	9.1%		目減り	10.0	9.4%	5.7%		目減り	5.7	6.5%	3.3%		金属	16.00	9.1%
176.0	その他	22.0	12.5%		投入	106.0	100.0%	60.2%		投入	88.0	100%	50.0%		目減り+その他(最終処分)	77.74	44.2%
															合計	176.00	100.0%

※目減り重量は水分（含水率1.84％）を含む。

小家電

対象母材	種類	選別前処理			1.2選別工程					1.0選別工程（脱水後）					リサイクル行き先		
		重量(kg)	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		工程別	重量(kg)	比率	全体比率		リサイクル種類	重量(kg)	全体比率
小家電	選別後母材	99.0	55.6%	⇒	浮上	85.0	85.9%	47.8%	⇒	浮上	14.1	16.5%	7.9%	⇒	マテリアル・ケミカル	14.1	7.9%
	アンダー	20.0	11.2%		沈降	6.0	6.1%	3.4%		沈降	64.8	76.2%	36.4%		塩素フリー石炭代替	64.8	36.4%
総量	金属	33.0	18.5%		目減り	8.0	8.1%	4.5%		目減り	6.1	7.2%	3.4%		金属	33.0	18.5%
178.0	その他	26.0	14.6%		投入	99.0	100.0%	55.6%		投入	85.0	100%	47.8%		目減り+その他(最終処分)	66.1	37.2%
															合計	178.0	100.0%

※目減り重量は水分（含水率1.84％）を含む。

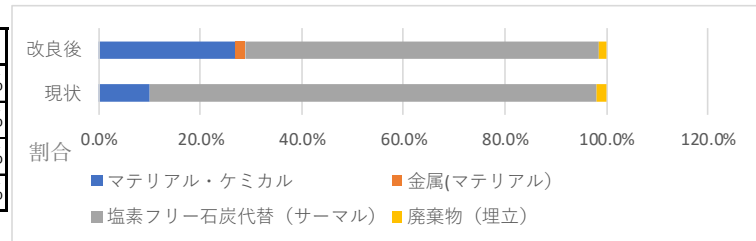
表 12(2) 実証プラントによる実証試験結果まとめ ―現状と改良後のリサイクル率の比較―

【ASR】

	現状	改良後
マテリアル・ケミカル	10.0%	27.0%
金属(マテリアル)	0.0%	1.8%
塩素フリー石炭代替 (サーマル)	88.1%	69.6%
廃棄物 (埋立)	1.9%	1.6%

注) 現状はSRテクノの実績

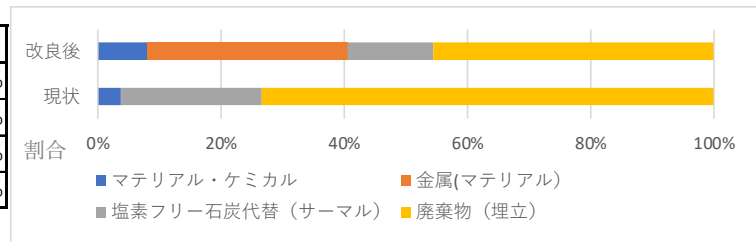
改良後はSRテクノへ搬入後の数値



【SR】

	現状	改良後
マテリアル・ケミカル	3.8%	8.0%
金属(マテリアル)	0.0%	32.5%
塩素フリー石炭代替 (サーマル)	22.9%	14.0%
廃棄物 (埋立)	73.4%	45.4%

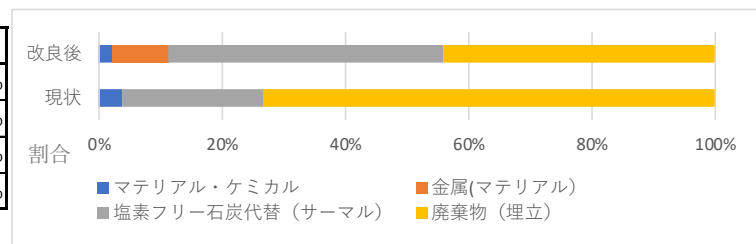
※現状は石狩事業所の実績



【家電】

	現状	改良後
マテリアル・ケミカル	3.8%	2.1%
金属(マテリアル)	0.0%	9.1%
塩素フリー石炭代替 (サーマル)	22.9%	44.6%
廃棄物 (埋立)	73.4%	44.2%

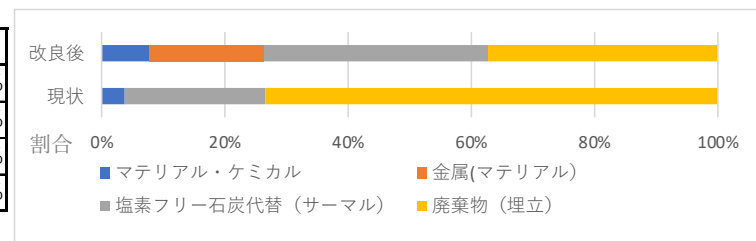
※現状は石狩事業所の実績



【小型家電】

	現状	改良後
マテリアル・ケミカル	3.8%	7.9%
金属(マテリアル)	0.0%	18.5%
塩素フリー石炭代替 (サーマル)	22.9%	36.4%
廃棄物 (埋立)	73.4%	37.2%

※現状は石狩事業所の実績



2.2 基本設計の実施

2.2.1 基本設計の条件

弊社主力工場である石狩事業所から発生するシュレッダーダストの量は年間で約 10,000 トン、その内非鉄サイクロン下のシュレッダーダストは半分の約 5,000 トン発生している。

設定した基本設計の条件は表 13 に示すとおりである。

なお、基本設計にあたっては、表 14(1)～(2)に示す「2.1.1 実証プラントによる実証試験」で明らかになった設備の改良点を踏まえて行った。

また、既存設備との接続の仕方については検討を行ったが、敷地が狭隘であること、連続性を持たせることでトラブル発生時のリスクが高まること等の理由から、単独の連続式プラントとして設計した。

表 13 基本設計の条件

対象シュレッダーの量	5,000 t / 年
年間稼働日数	250 日
1 日の稼働時間	8 時間
必要処理能力	2.5 t / 時間

2.2.2 基本設計

基本設計は図 3 に示すとおりである。

設計にあたっては、「2.1.1 実証プラントによる実証試験」で明らかになった設備の改良に対しては、既存の設備で既に採用されており、かつ同様な課題解決に対し良好な結果が得られている技術の採用を心掛け設計した。なお、シュレッダーダスト投入後は全て自動で稼働しオペレーターも一人で賄う設計とした。

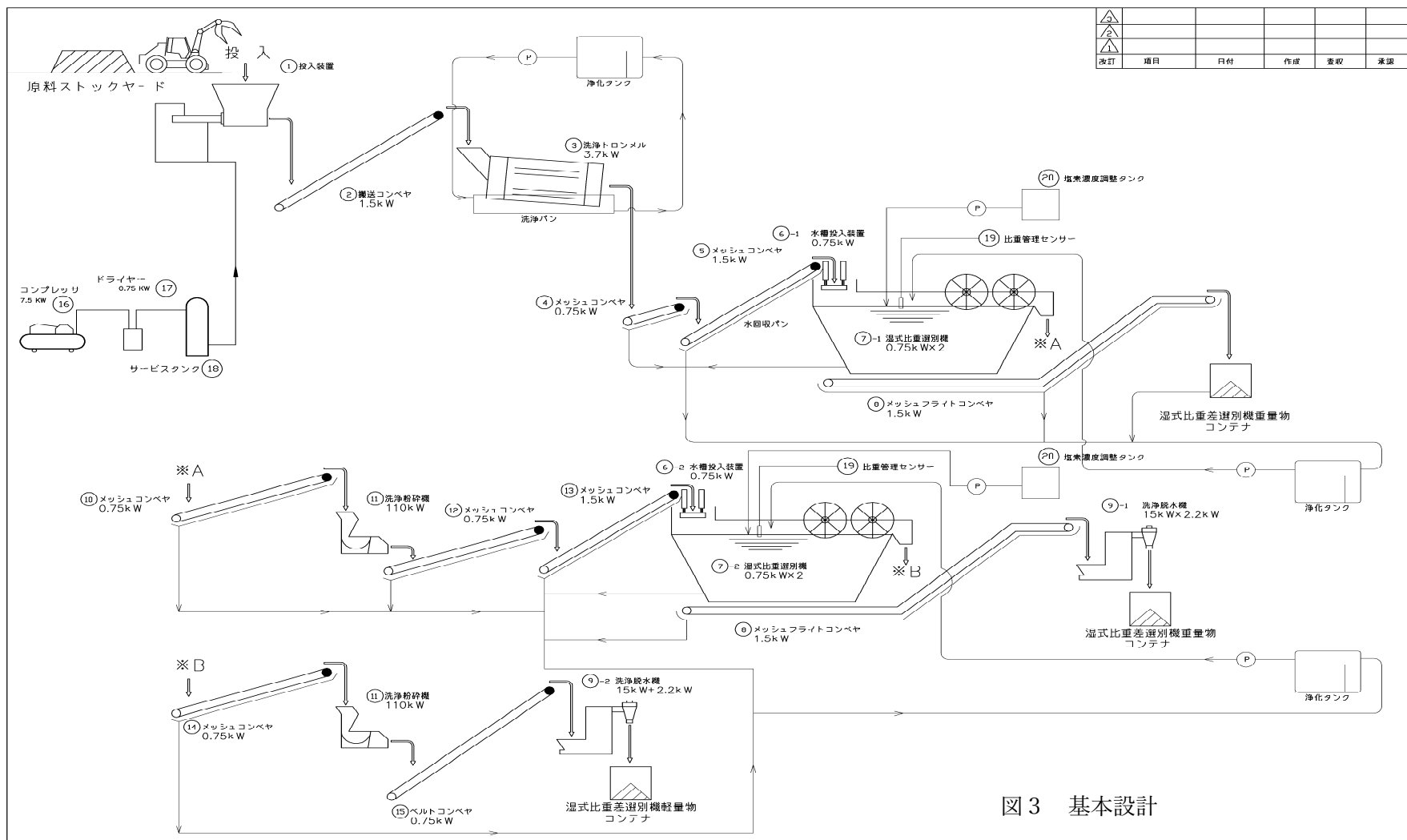
基本設計の設備を導入するために必要な敷地面積は概ね 700 m²となる。

表 14 (1) 実証試験で明らかになった改良点

設備名称	電気容量 (kw)	試験 設備	本設備	課題(試験結果より)	試験結果による生産設備の力点	設備製作実績の可否と課題
① 投入装置(プッシャー式)	7.50		◎		ワークサイズが大きく塊状のためプッシャー投入とし、約10m ³ ストックホッパー併設する	実績多くあり/トラブル無
② ベルトコンベア(栈付き)	1.50		◎		傾斜角45°となるため栈付きコンベアとする	実績多くあり/トラブル無
ベルトコンベア(中寄)	0.75	●		搬送には問題はない。5 Ton/d及び投入角度22°≤では栈付きとなる		実績多くあり/トラブル無
③ 洗浄トロンメル	3.70	●	◎	水噴射洗浄では洗浄及び濡性効果が少ない。又、洗浄による残渣(砂等)と汚れ水対策が必要	水没式トロンメルとし、濡性及び洗浄効果を得ると共に、汚れ水は浄化槽にて汚れ沈降させ、洗浄水循環を行う	トロンメル実績あり/課題は洗浄方法選択。浄化槽は沈殿方式とする
ベルトコンベア	0.75	●		搬送に問題は無い。ワーク付着水のコンベア漏れ水の回収が必要		実績多くあり/トラブル無
④ メッシュコンベア	0.75		◎		ワーク付着水の回収を行うため、メッシュコンベアを採用し、下部に設けるパンで水回収し浄化槽に排水する	実績多くあり/トラブル無
⑤ メッシュコンベア(栈付き)	1.50		◎		同上	実績多くあり/トラブル無
⑥ 水槽投入装置	3.70		◎		①と同じ	
⑦-1 湿式比重選別機(日本シーム6000型)①重液比重1.2	1.50		◎		①5Ton/d能力から6000型とする。ワーク搬送は沈降物はフライトコンベア。浮遊物は回転すくい上げ機からコンベアとする。重液比重を維持するために浄化槽にて比重をコントロールし、汚れ水は沈降により濁度軽減。	日本シーム4000型同等品製作実績あり。技術的には問題は無い。フライトコンベア製作も多くの実績あり

表 14 (2) 実証試験で明らかになった改良点

設備名称	電気容量 (kw)	試験 設備	本設 備	課題(試験結果より)	試験結果による生産設備の力点	設備製作実績の可否と課題
⑦-2 湿式比重選別機(日本シーム6000型) ②重液比重1.0	1.50		◎		同上	同上
湿式比重選別機(日本シーム3300型)	4.50	●		ワーク回収スクリーコンベアに詰まり運転不可。比重分離の促進(沈降速度)が必要。	同上	同上
⑧ メッシュフライトコンベア	1.50		◎		④と同じ	
⑨ 洗浄脱水機(日本シームED-9500)	150.00		◎		シームカタログより能力確定/コスト対策必要	
⑨ 洗浄脱水機(日本シームCW-600)	17.20		◎		シームカタログより能力確定/コスト対策必要	
⑩ メッシュコンベア	0.75		◎		④と同じ	
⑪ 洗浄粉碎機(日本シームPFN-17570)	320.00		◎		シームカタログより能力確定/コスト対策必要	
⑫ メッシュコンベア	0.75		◎		④と同じ	
⑬ メッシュコンベア(栈付き)	1.50		◎		④と同じ	
⑭ メッシュコンベア	0.75		◎		④と同じ	
⑮ ベルトコンベア(栈付き)	0.75		◎		②と同じ	
⑯ コンプレッサー(エアーマン)	22.00		◎		投入装置のエア源	市販品で対応
⑰ ドライヤー	-		◎		乾燥エア供給	
⑱ サービスタンク	0.40		◎		運転安定用	
⑲ 比重管理センサー	-		◎		水槽内溶液の比重管理	
⑳ 塩素濃度調整タンク	0.40		◎		センサー計測値と同期して供給	
㉑ 浄化タンク	-		◎		重液比重維持及び汚濁水の濁度軽減	クボタ浄化槽で対応。技実的対応はクボタOBネットでサポート
㉒ 2連フレコン回収ステーション	1.50		◎		生産付帯設備	機能的安価なものを調査する
㉓ 制御盤	-		◎		統合制御とする。監視機能/機器運転制御他。	リサイクルプラント及び焼却炉陶業制御実勢。特に問題は無い



2.3 設備導入コストの算出

2.3.1 投資対効果

(1) 設備導入コストと改良工事費

設備導入コストと改良工事費の算定結果は表 15 に示すとおりである。

処理能力 3t/時間の設備を導入するコストは概ね 2 億 495 万円と算出した。

現状と同じ年間 5,000t の非鉄サイクロン下シュレッターダストを処理すると仮定すると 1 トン当たりの投資コストは 41,000 円となる。

表 15 設備導入コストと改良工事費一覧

内 容	数量	単位	単価	金額	備 考
① 投入装置(ブッシャー式)	1	式	4,500,000	4,500,000	
② ベルトコンベア(栈付き)	1	式	1,600,000	1,600,000	
③ 洗浄トンメル	1	式	8,500,000	8,500,000	
④ メッシュコンベア	1	式	2,400,000	2,400,000	
⑤ メッシュコンベア(栈付き)	1	式	3,500,000	3,500,000	
⑥ 水槽投入装置	1	式	3,000,000	3,000,000	
⑦-1 湿式比重選別機(日本シーム6000型)	1	式	20,000,000	20,000,000	
⑧ メッシュフライトコンベア	1	式	4,500,000	4,500,000	
⑩ メッシュコンベア	1	式	2,400,000	2,400,000	
⑪ 洗浄粉碎機(日本シームPFN-17570)	1	式	51,000,000	51,000,000	
⑫ メッシュコンベア	1	式	2,400,000	2,400,000	
⑬ メッシュコンベア(栈付き)	1	式	3,500,000	3,500,000	
⑥-2 水槽投入装置	1	式	3,000,000	3,000,000	
⑦-2 湿式比重選別機(日本シーム6000型)	1	式	21,000,000	21,000,000	
⑧ メッシュフライトコンベア	1	式	4,500,000	4,500,000	
⑨-1 洗浄脱水機(日本シームED-9500)	1	式	10,500,000	10,500,000	
⑭ メッシュコンベア	1	式	2,400,000	2,400,000	
⑮ ベルトコンベア(栈付き)	1	式	2,000,000	2,000,000	
⑨-2 洗浄脱水機(日本シームCW-600)	1	式	12,500,000	12,500,000	
⑯ コンプレッサー(エアーマン)	1	式	1,600,000	1,600,000	
⑰ ドライヤー(⑯を含む)					
⑱ サービスタンク	1	式	500,000	500,000	
⑲ 比重管理センサー	1	式	250,000	250,000	
⑳ 塩素濃度調整タンク	1	式	500,000	500,000	
㉑ 浄化タンク	3	式	700,000	2,100,000	浮上側・沈殿側ワーク回収
㉒ 2連フレコン回収ステーション	2	式	3,500,000	7,000,000	
㉓ 制御盤	1	式	6,500,000	6,500,000	
㉔ 据付工事費	1	式	8,500,000	8,500,000	重機費重機費含まれています
㉕ 電気工事費(一次電源工事含まず)	1	式	3,000,000	3,000,000	
㉖ 試運転調整費	1	式	4,800,000	4,800,000	
㉗ アッセンブリ諸経費	1	式	7,000,000	7,000,000	
合計				204,950,000	

(2) シュレッダーダストの埋立処分コストの削減効果

本事業の実施に伴い、埋立処分のコスト削減が期待できる。

なお、ASR は自動車リサイクル法に従い再資源化施設にて資源化するためコスト削減効果からは除外した。

シュレッダーダストの埋立処分コストの削減効果は表 16 に示すとおりである。

本事業の実施によりこれまで埋立処分を行っていたシュレッダーダストのうち年間で約 912 トンの削減が期待できる。また、コスト的には概ね年間で 22,800 千円のコスト削減が期待できる。なお、現状は非鉄サイクロン下シュレッダーダストを対象に算出しているが、非鉄サイクロン下以外のシュレッダーでも本実証技術が活用できれば埋立処分コストは更に削減できるものと考ええる。

表 16 シュレッダーダストの埋立処分コスト削減効果

発生由来	シュレッダーダスト埋立量 (t)			処理コスト (円/t)	削減コスト (千円/月)
	現状①	実施後②	差①－②		
SR	2,051	1,269	782	25,000	19,550
家電	220	133	87		2,175
小型家電	45	45	43		1,075
合計	2,316	1,447	912	25,000	22,800

(3) 比重 1.2 の重液製造コスト

比重 1.2 の重液はクロードシステムを採用するため、重液がある一定量より少なくなった時に追加する計画である。本実証事業の中ではどの位の頻度でどの位の量を追加しなければならないか確認することができていない。そこで重液の交換頻度をひと月に 1 回、半分の約 865L を交換するとした場合のコストを算出した。

また、塩化カルシウムのコストについては、市販の商品を購入する場合と家電リサイクル法の洗濯機から回収される塩水を活用した場合の 2 ケースを行った。

市販の商品を購入した場合コストは表 17 に家電洗濯機由来の塩水（塩分 25%）を活用した場合のコストは表 18 に示すとおりである。なお、後述するが、比重 1.2 の重液選別工程で使用した塩素・貴金属等の濃縮物からのリサイクルについては、塩化水酸カルシウム（CaCl (OH)）として回収できることは確認できたが、市販されていないため価格の算定には至らなかった。

表 17 市販の塩化カルシウムを使用した場合

項目	数量	単位	備考
水槽全容積	2,774	L	
水槽水量	1,730	L	
水槽交換頻度	865	L	1ヵ月半分
塩化カルシウム	55	円/kg	純度75%
塩カル使用量	530	kg	
塩水濃度	22	%	
温度	20	°C	
塩水処分料金	20	円/kg	
塩水作成コスト	29,150	円	1,730L 当たり
塩水廃棄コスト	17,300	円	月

表 18 家電洗濯機の塩水を活用した場合

項目	数量	単位	備考
水槽全容積	2,774	L	
水槽水量	1,730	L	
水槽交換頻度	865	L	1ヵ月半分
家電塩水利用	0	円/kg	再利用1,522L 塩水濃度25%
家電塩水使用量	1,522	L	
使用水量	208	L	A
水道料金	0.24	L	B
塩水濃度	22	%	
温度	20	°C	
塩水処分料金	20	円/kg	
塩水作成コスト	49.92	円	1,730L 当たり
塩水廃棄コスト	17,300	円	月

比重 1.2 の重液を市販の塩化カルシウムで作るコストは 29,150 円、家電洗濯機由来の塩水を使って作る場合は約 50 円と算出された。弊社からは家電洗濯機からの塩水が毎月約 5,000L 発生し廃棄されている。比重 1.2 の重液を弊社発生の塩水を利活用することでコスト軽減は無論、家電リサイクル法のリサイクル率向上にも貢献できることが分かった。

3. LCAの検証・評価

3.1 CO₂削減効果の試算

3.1.1 評価の目的

本実証事業では、自動車、産業廃棄物、家電、小型家電を処理した際に発生するシュレッダーダストを対象に、従来プロセスに対して比重 1.2 の重液選別プロセスを導入することで、埋立量を削減するとともに、マテリアル・ケミカルリサイクルの割合を増やそうとするものである。

具体的には、「適切な乾式選別」として事前にウレタンや金属（基盤や雑線）を回収したシュレッダーダストを比重 1.2 の重液選別装置で浮上品と沈降品に分け、浮上品は粉碎洗浄機にて付着した塩水を洗い流しながら製品の大きさ（15～20 mm）に破碎し、更に比重 1.0 の選別装置で浮上品と沈降品に選別することで、オレフィン系プラスチック（浮上品）と塩素フリープラスチック（沈降品）の 2 種類に分類し資源化をはかるものである。

回収されたオレフィン系プラスチックは「1.1.3 室内実験」の結果を踏まえ、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリカーボネートと ABS 樹脂の混合プラスチックの代替としてマテリアルリサイクルされるものとし、塩素フリープラスチックは一般炭の代替としてサーマルリサイクルされるものとした。また、事前に回収された金属は電気銅原料の粗銅の代わりにマテリアルリサイクルされるものとし、比重 1.2 の重液に沈降したものと資源化過程で排出される残渣は埋立されるという廃棄・リサイクル方法を想定した。

LCA のリサイクルフローは図 4 に示すとおりである。

比重 1.2 による重液選別プロセスを導入することで、導入前と資源化割合が変わる（表 12(2)参照。）ことから、本事業における CO₂削減効果の算出にあたっては、まずオレフィン系プラスチック、塩素フリープラスチック、金属、埋立物のそれぞれの廃棄・リサイクル方法における CO₂排出量を算定した。算定にあたっては、一般社団法人サステナブル経営推進機構が提供する LCI データベース IDEAv3 をバックグラウンドデータとして用いた。次に、重液選別プロセスの導入により発生する CO₂排出量を算定した。算定にあたっては、本事業独自の追加プロセスとなるため、基本設計の値（表 14(1)～(2)参照。）をフォアグラウンドデータとして用いた。

以上の算定を通じて、重液選別プロセスの導入前後でオレフィン系プラスチック、脱塩素プラスチック、金属、埋立物の 4 種類の比率が変わることによる CO₂削減効果の評価を行なうことを目的とした。

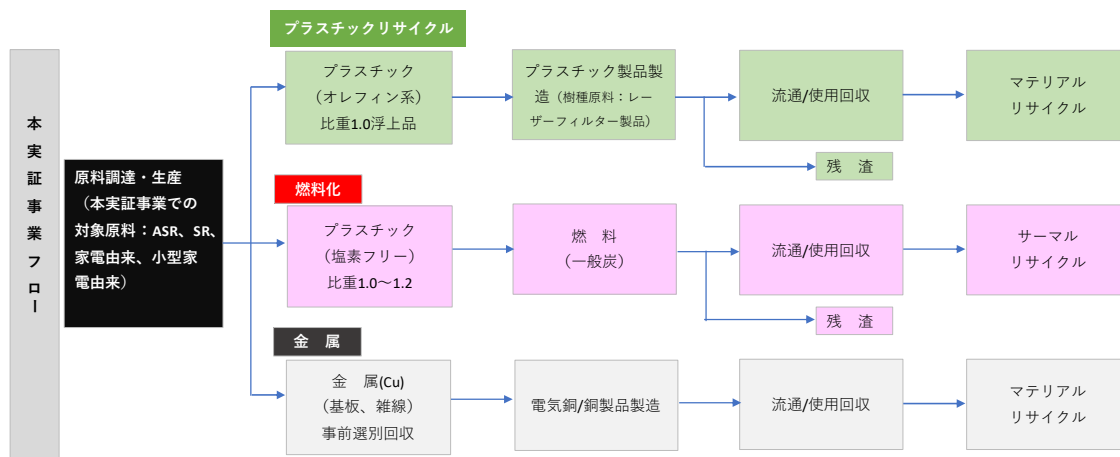


図4 LCAのリサイクルフロー

3.1.2 条件設定

(1) オレフィン系プラスチック（比重 1.0 浮上物）のリサイクル

回収されたオレフィン系プラスチックの条件設定は図5に示すとおりである。

材料リサイクルを想定し、樹脂原料を機能単位とした。

ベースラインはポリプロピレン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ABS樹脂とし、評価対象製品は回収されたオレフィン系プラスチックとした。また、「4.1.1 材料リサイクル原料としての資源性評価」の結果、樹脂ペレット製造にあたっては、レーザーフィルター押出成型機を使用する必要があることが確認されたため、バウンダリに加えた。プラスチック製品の製造以降はプロセスに変化はないものとして評価範囲から除外した。

なお、回収されたオレフィン系プラスチックにはポリプロピレン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ABS樹脂がそれぞれ25%ずつ含まれるものとし、ベースラインで想定するバージン材から作られる製品の80%の品位を代替できるものと仮定した。今年度はこうした仮定に基づき評価するが、今後は回収されたオレフィン系プラスチックに含まれる各プラスチックの組成、バージン材に対するリサイクル製品の品位の評価を行うことで、より詳細な評価ができるものと考えている。

樹脂ペレットの製造に必要なレーザーフィルター押出成型機と通常メッシュの押出成型機の機器仕様を表19に示すとおりである。レーザーフィルター押出成型機を使用することで0.247kg-CO₂/tの排出量が増加する。

<機能単位> 樹脂原料

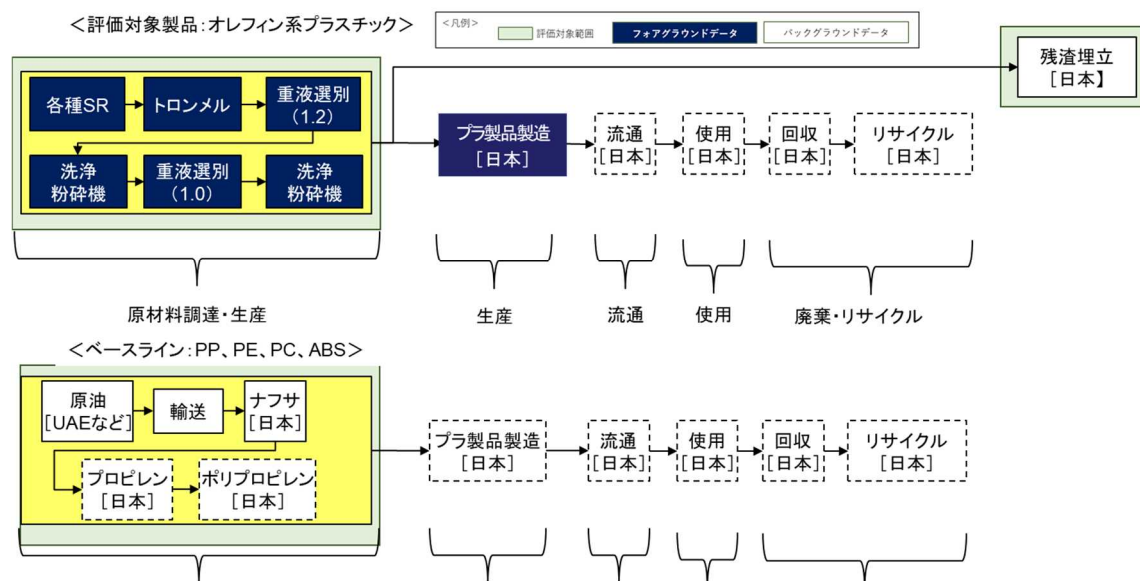


図5 オレフィン系プラスチックのリサイクルの前提条件

表19 レーザーフィルター押出成形機と通常押出成形機の仕様とCO₂排出量

項目	レーザーフィルター 押出成型機	通常の押出成形機	差	単位
処理能力	200	350	-	kg/h
消費電力	200	150	-	kWh/h
消費電力量	1000	429	-	kWh/t
CO ₂ 排出量	4.33E-01	1.86E-01	2.47E-01	t-CO ₂ /t

(2) 塩素フリープラスチック（比重 1.0 沈降物）のリサイクル

回収された塩素フリープラスチックの条件設定は図6に示すとおりである。

サーマルリサイクルを想定し、セメント工場で使用される一般炭の代替燃料として燃料を機能単位とした。ベースラインは一般炭を想定した。国内での流通以降はプロセスに変化はないものとして評価範囲から除外した。なお、一般炭の発熱量は経済産業省資源エネルギー庁のエネルギー源別標準発熱量（2018年度改訂）から26.08MJ/kgとし、回収された塩素フリープラスチックの発熱量は本事業で実施した分析結果（「表5 オレフィン系プラスチックの特性」参照。）に基づき表20のとおりとした。一般炭に対する品位は、一般炭の発熱量と塩素フリープラスチックの発熱量の比とした。

表 20 塩素フリープラスチックの発熱量と品位

種類	総発熱量	単位	品位
一般炭	26.08	MJ/kg	1.00
自動車由来	39.70	MJ/kg	1.40
産廃由来	37.00	MJ/kg	1.38
家電由来	36.30	MJ/kg	1.38
小電由来	40.00	MJ/kg	1.50

<機能単位> 燃料

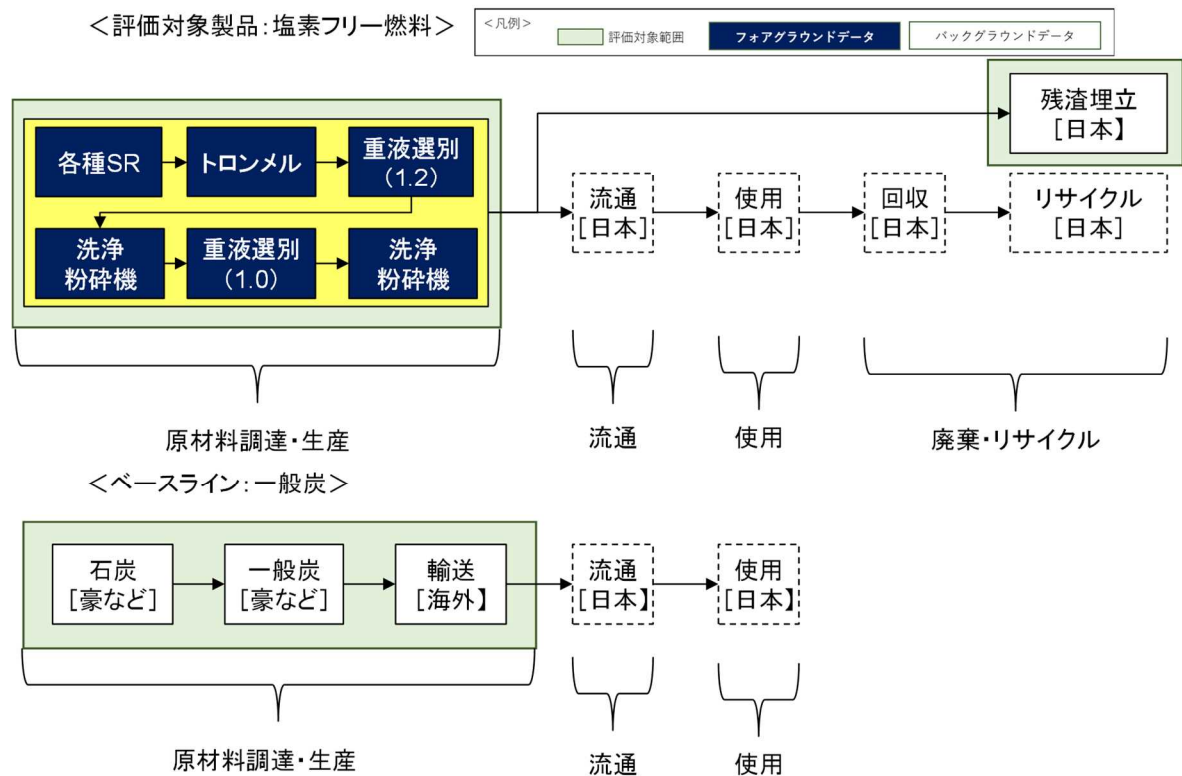


図 6 塩素フリープラスチックのリサイクルの前提条件

(3) 金属のリサイクル

「適正な乾式選別」で回収された金属の条件設定は図 7 に示すとおりである。

回収された金属は基板や雑線（ケーブル）が主であったことから、回収物は全て銅と想定し、電気銅原料を機能単位とした。なお、算出にあたっては銅精錬に使用される粗銅の代わりに回収された金属（基板や雑線）を原料として使用すると仮定し行った。

今年度はこうした仮定に基づき評価するが、今後は回収された金属に含まれる種類と

量を把握することで、より詳細な評価ができるものと考えている。また、本実証事業で溶融技術による資源化を検証した、「比重 1.2 重液に沈降した回収物」についても、溶融技術以外の選別方法や含まれている金属の種類及び量を把握することで、より詳細な評価ができるものと考えている。

ベースラインは電気銅原料を想定した。電気銅の生産以降はプロセスに変化はないものとして評価範囲から除外した。

<機能単位> 電気銅原料

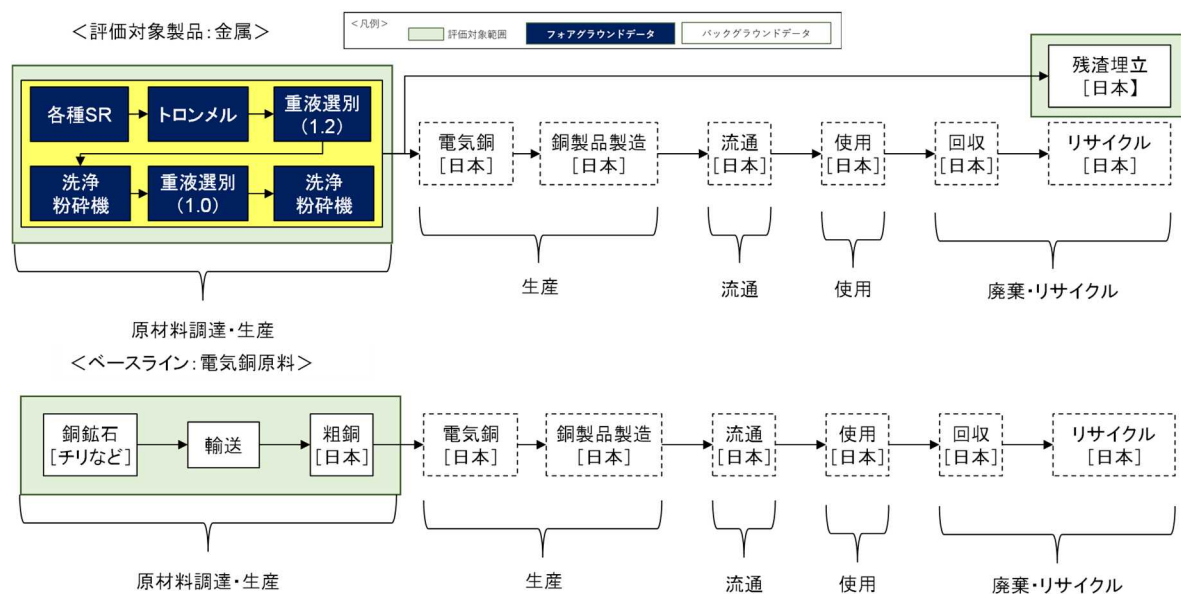


図7 金属のリサイクルの前提条件

(4) 埋立物の削減

今年度は上述した各リサイクル後に排出される残渣と本実証事業で資源化の可能性は確認されたが資源循環サイクルに位置付けることは難しいと判断した「比重 1.2 の重液に沈降した回収物」(4.1.3(2)リサイクル残渣の資源性参照。)については、すべて埋立物として扱った。上述の「(3) 金属のリサイクル」の項でも記述したが、今後は「比重 1.2 重液に沈降した回収物」について、溶融技術のさらなる検討と乾式選別方法の検討を行うことで埋立物の減量化並びにより詳細な評価ができるものと考えている。

なお、ASR については、リサイクル工程残渣物及び「比重 1.2 の重液に沈降した回収物」はこれまで通り、再資源化施設で資源化すると仮定した。

3.1.3 廃棄・リサイクル手法における CO₂削減量の評価

(1) オレフィン系プラスチックのリサイクルによる CO₂削減量

IDEAv3.1（製品コード：163516100pJPN、IDEA 製品名：高密度ポリエチレン (HDPE)）、IDEAv3.1（製品コード：163518000pJPN、IDEA 製品名：ポリプロピレン）、IDEAv3.1（製品コード：163528000mJPN、IDEA 製品名：ポリカーボネート）、IDEAv3.1（製品コード：163517106pJPN、IDEA 製品名：ABS 樹脂）のデータを使用して評価した。なお、前述の通り、回収されたオレフィン系プラスチックにはポリプロピレン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ABS がそれぞれ 25%ずつ含まれるものとし、ベースラインで想定するバージン材から作られる製品の 80%の品位を代替できると仮定した。オレフィン系プラスチックによる CO₂排出量は表 21 に示すとおりである。選別されたオレフィン系プラスチックがリサイクルされる分、バージン材の使用量が削減されるため、CO₂排出量が削減される。なお、レーザーフィルター押出成形機を使用する分だけリサイクルにおいて 0.247kg-CO₂/t のエネルギー起源 CO₂排出量が増加する点については、シュレッダーダストの発生由来毎にオレフィン系プラスチックのリサイクルに回る量が異なることから下表には含めず、「発生由来別シュレッダーダストの発生量を反映した CO₂削減効果」の算出に含めている。

表 21 オレフィン系プラスチック 1t を製造した場合の CO₂排出量

種類	エネルギー 起源 CO ₂	非エネルギー 起源 CO ₂	単位
高密度ポリエチレン (HDPE)	3.55E-01	2.88E-05	tCO ₂ /t-高密度 PE
ポリプロピレン	3.65E-01	2.49E-05	tCO ₂ /t-PP
ポリカーボネート	1.64E+00	3.14E-04	tCO ₂ /t-PC
ABS 樹脂	5.84E-01	5.55E-05	tCO ₂ /t-ABS
合計	2.94E+00	4.23E-04	tCO ₂ /t-オレフィン系プラスチック

(2) 塩素フリープラスチックのリサイクルによる CO₂削減量

IDEAv3.1（AC 製品コード：052112102mJPN、IDEA 製品名：一般炭, 輸入品）のデータを使用して評価した。なお、一般炭の発熱量及び回収された塩素フリープラスチックの発熱量は上述した表 5 のとおり設定し、一般炭に対する品位は、一般炭の発熱量と塩素フリープラスチックの発熱量の比とした。一般炭による CO₂排出量は表 22 に示すとおりである。選別された塩素フリープラスチックがリサイクルされる分、一般炭の使用量が削減されるため、CO₂排出量が削減される。

表 22 一般炭 1t を製造した場合の CO₂排出量

シュレッダーダスト発生元	エネルギー起源 CO ₂	非エネルギー起源 CO ₂	単位
自動車由来	1.42E-01	4.62E-07	tCO ₂ /t-一般炭
産廃由来	1.32E-01	4.30E-07	tCO ₂ /t-一般炭
家電由来	1.30E-01	4.22E-07	tCO ₂ /t-一般炭
小電由来	1.43E-01	4.65E-07	tCO ₂ /t-一般炭

(3) 金属のリサイクルによる CO₂削減量

選別された金属は電気銅原料と想定するため、IDEAv3.1（製品コード：231111000pJPN、IDEA 製品名：粗銅）のデータを使用して評価した。

電気銅原料による CO₂排出量は表 23 に示すとおりである。

選別された金属（基盤や雑線）を粗銅に代わる銅精錬原料として使用する分、粗銅の使用量が削減されるため、CO₂排出量が削減される。

表 23 電気銅原料 1t を生産した場合の CO₂排出量

区分	CO ₂ 排出量	単位
エネルギー起源 CO ₂	4.10E+00	tCO ₂ /t-粗銅
非エネルギー起源 CO ₂	4.00E-04	tCO ₂ /t-粗銅

(4) 埋立量の削減による CO₂削減量

IDEAv3.1（製品コード：882207211pJPN、製品名：埋立処理サービス、産業廃棄物、廃プラスチック類（廃タイヤを除く））のデータを使用して評価した。埋立による CO₂排出量は表 24 に示すとおりである。埋立量が減った分、シュレッダーダストが資源化されるため、CO₂排出量が削減される。

表 24 シュレッダーダスト 1t を埋立した場合の CO₂排出量

区分	CO ₂ 排出量	単位
エネルギー起源 CO ₂	6.69E-03	tCO ₂ /t-埋立
非エネルギー起源 CO ₂	5.03E-06	tCO ₂ /t-埋立

(5) 新規導入プロセスにおける CO₂排出量の評価

本事業で実証した重液選別プロセスの構成設備機器を稼働することによる CO₂排出量を計算した。重液選別プロセスを構成する設備機器と定格消費電力は表 25(1)に示すとおりである。また、このプロセスの 1 日稼働時間を 8 時間、年間稼働日数 250 日、1 時間あたりの処理能力 3t、負荷率を 100%と想定した CO₂排出量の算出結果は表 25(2)に示すとおりである。なお、電力の CO₂排出原単位は、令和 2 年度電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)の全国平均係数である 0.000433tCO₂/kWh を用いた。

表 25(1) 重液選別プロセスを構成する設備機器と定格消費電力

NO.	設備機器	台数	定格消費電力	単位
1	投入装置(プッシャー式)	1	7.5	kW
2	ベルトコンベア(棧付き)	1	1.5	kW
3	洗浄トンネル	1	3.7	kW
4	メッシュコンベア	1	0.75	kW
5	メッシュコンベア(棧付き)	1	1.5	kW
6	水槽投入装置	1	3.7	kW
7	重液比重選別機(日本シーム 6000 型)	2	1.5	kW
8	メッシュフライトコンベヤ	1	1.5	kW
9	洗浄脱水機(日本シーム ED-9500)	1	150	kW
	洗浄脱水機(日本シーム CW-600)	1	17.2	kW
10	メッシュコンベア	1	0.75	kW
11	洗浄粉碎機(日本シーム PFN-17570)	1	320	kW
12	メッシュコンベア	1	0.75	kW
13	メッシュコンベア(棧付き)	1	1.5	kW
14	メッシュコンベア	1	0.75	kW
15	ベルトコンベア(棧付き)	1	0.75	kW
16	コンプレッサー(エアーマン)	1	22	kW
17	ドライヤー	1	—	kW
18	サービスタンク	1	0.4	kW
19	比重管理センサー	1	—	kW
20	塩素濃度調整タンク	1	9.4	kW
21	浄化タンク	1	—	kW
22	2連フレコン回収ステーション	1	1.5	kW
23	制御盤	1	—	kW

表 25(2) 重液選別プロセスの CO₂排出量

NO	設備機器	消費電力量	単位	CO ₂ 排出量	単位
1	投入装置(プッシャー式)	15,000	kWh/年	6.50E+00	t-CO ₂ /年
2	ベルトコンベア(栈付き)	3,000	kWh/年	1.30E+00	t-CO ₂ /年
3	粒度選別機(洗浄トロンメル)	7,400	kWh/年	3.20E+00	t-CO ₂ /年
4	メッシュコンベア	1,500	kWh/年	6.50E-01	t-CO ₂ /年
5	メッシュコンベア(栈付き)	3,000	kWh/年	1.30E+00	t-CO ₂ /年
6	水槽投入装置	7,400	kWh/年	3.20E+00	t-CO ₂ /年
7	重液比重選別機(日本シーム 6000 型)	6,000	kWh/年	2.60E+00	t-CO ₂ /年
8	メッシュフライントコンベヤ	3,000	kWh/年	1.30E+00	t-CO ₂ /年
9	洗浄脱水機(日本シーム ED-9500)	300,000	kWh/年	1.30E+02	t-CO ₂ /年
	洗浄脱水機(日本シーム CW-600)	34,400	kWh/年	1.49E+01	t-CO ₂ /年
10	メッシュコンベア	1,500	kWh/年	6.50E-01	t-CO ₂ /年
11	洗浄粉碎機(日本シーム PFN-17570)	640,000	kWh/年	2.77E+02	t-CO ₂ /年
12	メッシュコンベア	1,500	kWh/年	6.50E-01	t-CO ₂ /年
13	メッシュコンベア(栈付き)	3,000	kWh/年	1.30E+00	t-CO ₂ /年
14	メッシュコンベア	1,500	kWh/年	6.50E-01	t-CO ₂ /年
15	ベルトコンベア(栈付き)	1,500	kWh/年	6.50E-01	t-CO ₂ /年
16	コンプレッサー(エアーマン)	44,000	kWh/年	1.91E+01	t-CO ₂ /年
17	ドライヤー	0	kWh/年	0.00E+00	t-CO ₂ /年
18	サービスタンク	800	kWh/年	3.46E-01	t-CO ₂ /年
19	比重管理センサー	0	kWh/年	0.00E+00	t-CO ₂ /年
20	塩素濃度調整タンク	18,800	kWh/年	8.14E+00	t-CO ₂ /年
21	浄化タンク	0	kWh/年	0.00E+00	t-CO ₂ /年
22	2連フレコン回収ステーション	3,000	kWh/年	1.30E+00	t-CO ₂ /年
23	制御盤	0	kWh/年	0.00E+00	t-CO ₂ /年
合計		1.10E+06	kWh/年	4.75E+02	t-CO ₂ /年
原単位		4.57E+04	kWh/t-SR	7.91E-02	t-CO ₂ /t-SR

(6) まとめ

機能単位のパウンダリ毎に整理した CO₂削減量は表 26 に示すとおりである。

CO₂削減量の算出は、表 21～表 24 のベースラインの合算値から表 25(2)の新規導入プロセスの値を差し引いて求めた。なお、樹脂原料については、さらに表 19 の生産過程で使用するレーザーフィルターの数も差し引いている。

パウンダリ毎の 1 トン当たり CO₂削減量は、「樹種原料」で 2.70 kg-CO₂/t、「一般炭 (ASR)」で 0.142 kg-CO₂/t、「一般炭 (SR)」で 0.132 kg-CO₂/t、「一般炭 (家電由来)」で 0.130 kg-CO₂/t、「一般炭 (小型家電由来)」で 0.143 kg-CO₂/t、「金属 (Cu)」で 4.10 kg-CO₂/t 見込まれる。逆に、「埋立」と「選別」については 1 トン処分または製造する毎に、それぞれ 0.0067 kg-CO₂/t、0.00791 kg-CO₂/t の CO₂量の排出が見込まれる。

なお、仮に金属のリサイクルによる CO₂削減量が変動し見込めなくなったと想定した場合、室内実証試験の結果(「表 12(1)実証プラントによる実証試験結果をまとめ」参照。)を鑑みると、「樹脂原料」となるオレフィン系プラスチックの回収量を現在の金属回収量の約 1.7 倍に増やすことで CO₂削減量を補える計算になる。

そのためにも、非鉄サイクロン下シュレッダーダストの 10 mm アンダーからのプラスチック類の回収や比重 1.2 の重液選別工程で目減りしたプラスチック類の資源化等をさらに進めて行く必要があると考える。

表 26 バウンダリ毎の CO₂削減量一覧

機能 単位	(単位)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
		原材 料調 達・生 産	生産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル	合計	原材料調 達・生産	生 産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル	合計	原材料調 達・生産	生産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル	合計
樹脂 原料	エネルギー起源	0	2.47E-01	0	0	0	2.47E-01	2.94E+00	0	0	0	0	2.94E+00	2.94E+00	-2.47E-01	0	0	0	2.70E+00
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0	4.23E-04	0	0	0	0	4.23E-04	4.23E-04	0	0	0	0	4.23E-04
	合計	0	2.47E-01	0	0	0	2.47E-01	2.94E+00	0	0	0	0	2.94E+00	2.94E+00	-2.47E-01	0	0	0	2.70E+00
一般 炭 ASR	エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.42E-01	0	0	0	0	1.42E-01	1.42E-01	0	0	0	0	1.42E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.62E-07	0	0	0	0	4.62E-07	4.62E-07	0	0	0	0	4.62E-07
	合計	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.42E-01	0	0	0	0	1.42E-01	1.42E-01	0	0	0	0	1.42E-01
一般 炭 SR	エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.32E-01	0	0	0	0	1.32E-01	1.32E-01	0	0	0	0	1.32E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.30E-07	0	0	0	0	4.30E-07	4.30E-07	0	0	0	0	4.30E-07
	合計	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.32E-01	0	0	0	0	1.32E-01	1.32E-01	0	0	0	0	1.32E-01
一般 炭 家電	エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.30E-01	0	0	0	0	1.30E-01	1.30E-01	0	0	0	0	1.30E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.22E-07	0	0	0	0	4.22E-07	4.22E-07	0	0	0	0	4.22E-07
	合計	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.30E-01	0	0	0	0	1.30E-01	1.30E-01	0	0	0	0	1.30E-01
一般 炭 小電	エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.43E-01	0	0	0	0	1.43E-01	1.43E-01	0	0	0	0	1.43E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.65E-07	0	0	0	0	4.65E-07	4.65E-07	0	0	0	0	4.65E-07
	合計	0	0	0	0	0	0.00E+00	1.43E-01	0	0	0	0	1.43E-01	1.43E-01	0	0	0	0	1.43E-01

機能 単位	(単位)	①評価対象						②ベースライン						③削減量(②-①)					
		原材 料調 達・生 産	生産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル	合計	原材料調 達・生産	生 産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル合計	合計	原材料調 達・生産	生産	流 通	使 用	廃棄・リ サイク ル	合計
金属 Cu	エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.10E+00	0	0	0	0	4.10E+00	4.10E+00	0	0	0	0	4.10E+00
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.00E-04	0	0	0	0	4.00E-04	4.00E-04	0	0	0	0	4.00E-04
	合計	0	0	0	0	0	0.00E+00	4.10E+00	0	0	0	0	4.10E+00	4.10E+00	0	0	0	0	4.10E+00
埋立	エネルギー起源	0	0	0	0	6.69E-03	6.69E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6.69E-03	-6.69E-03
	非エネルギー起源	0	0	0	0	5.03E-06	5.03E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5.03E-06	-5.03E-06
	合計	0	0	0	0	6.70E-03	6.70E-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6.70E-03	-6.70E-03
選別	エネルギー起源	7.91E-02	0	0	0	0	7.91E-02	0	0	0	0	0	0	-7.91E-02	0	0	0	0	-7.91E-02
	非エネルギー起源	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	7.91E-02	0	0	0	0	7.91E-02	0	0	0	0	0	0	-7.91E-02	0	0	0	0	-7.91E-02

3.1.4 重液選別プロセス導入による想定資源化構成

ASR、SR、家電由来、小型家電由来の重液選別プロセス導入前後の想定資源化構成率は表 27(1)～(4)に示すとおりである。

表 27(1) 選別プロセス導入前後の想定資源化構成率（ASR）

資源化方法	導入前	導入後
オレフィン系プラスチック	10.0	27.0
塩素フリープラスチック	88.1	69.7
金属	0.0	1.8
埋立	1.9	1.6

表 27(2) 選別プロセス導入前後の想定資源化構成率（SR）

資源化方法	導入前	導入後
オレフィン系プラスチック	3.8	8.0
塩素フリープラスチック	22.9	14.0
金属	0.0	32.5
埋立（塩素濃縮物含む）	73.4	45.4

表 27(3) 選別プロセス導入前後の想定資源化構成率（家電由来）

資源化方法	導入前	導入後
オレフィン系プラスチック	3.8	2.1
塩素フリープラスチック	22.9	44.6
金属	0.0	9.1
埋立（塩素濃縮物含む）	73.4	44.2

表 27(4) 選別プロセス導入前後の想定資源化構成率（小型家電由来）

b	導入前	導入後
オレフィン系プラスチック	3.8	7.9
塩素フリープラスチック	22.9	36.4
金属	0.0	18.5
埋立（塩素濃縮物含む）	73.4	37.2

3.1.5 本事業における CO₂削減量の評価

(1) 想定資源化構成率を反映した各シュレッダーダストの CO₂削減効果

重液選別プロセス導入前後の想定資源化構成率を反映した、各シュレッダーダストの CO₂削減効果は表 28 に示すとおりである。

発生由来別のシュレッダーダスト 1t あたりの CO₂削減量は、ASR で 0.436 kg-CO₂/t、SR で 1.36 kg-CO₂/t、家電由来で 0.272 kg-CO₂/t、小型家電由来で 0.139 kg-CO₂/t と算出された。

表 28 発生由来別シュレッターダスト 1t あたりの CO₂削減量

発生 由来	(単位)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
		原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計	原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計	原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計
自動 車由 来	エネルギー起源	-7.91E-02	4.21E-02	0	0	-2.01E-05	-3.71E-02	5.57E-01	0	0	0	0	5.57E-01	6.36E-01	-4.21E-02	0	0	2.01E-05	4.36E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-1.51E-08	-1.51E-08	7.91E-05	0	0	0	0	7.91E-05	7.91E-05	0	0	0	1.51E-08	7.91E-05
	合計	-7.91E-02	4.21E-02	0	0	-2.01E-05	-3.71E-02	5.57E-01	0	0	0	0	5.57E-01	6.36E-01	-4.21E-02	0	0	2.01E-05	4.36E-01
産廃 由来	エネルギー起源	-7.91E-02	1.05E-02	0	0	-1.87E-03	-7.05E-02	1.45E+00	0	0	0	0	1.45E+00	1.53E+00	-1.05E-02	0	0	1.87E-03	1.36E+00
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-1.41E-06	-1.41E-06	1.48E-04	0	0	0	0	1.48E-04	1.48E-04	0	0	0	1.41E-06	1.49E-04
	合計	-7.91E-02	1.05E-02	0	0	-1.88E-03	-7.05E-02	1.45E+00	0	0	0	0	1.45E+00	1.53E+00	-1.05E-02	0	0	1.88E-03	1.36E+00
家電 由来	エネルギー起源	-7.91E-02	-4.08E-03	0	0	-1.95E-03	-8.52E-02	3.45E-01	0	0	0	0	3.45E-01	4.24E-01	4.08E-03	0	0	1.95E-03	2.72E-01
	非エネルギー起源	0.00E+00	0	0	0	-1.47E-06	-1.47E-06	2.95E-05	0	0	0	0	2.95E-05	2.95E-05	0	0	0	1.47E-06	3.10E-05
	合計	-7.91E-02	-4.08E-03	0	0	-1.96E-03	-8.52E-02	3.45E-01	0	0	0	0	3.45E-01	4.24E-01	4.08E-03	0	0	1.96E-03	2.72E-01
小型 家電 由来	エネルギー起源	-7.91E-02	-4.08E-03	0	0	-1.95E-03	-8.52E-02	3.45E-01	0	0	0	0	3.45E-01	4.24E-01	4.08E-03	0	0	1.95E-03	2.72E-01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-1.47E-06	-1.47E-06	2.95E-05	0	0	0	0	2.95E-05	2.95E-05	0	0	0	1.47E-06	3.10E-05
	合計	-7.91E-02	-4.08E-03	0	0	-1.96E-03	-8.52E-02	4.99E-01	0	0	0	0	4.99E-01	5.78E-01	4.08E-03	0	0	1.96E-03	1.39E-01

(2) 発生由来別シュレッダーダストの発生量を反映した CO₂削減効果

先の表に示した発生由来別シュレッダーダスト 1t あたりの CO₂削減量と昨年度の弊社から発生したシュレッダーダストの実数量を用いて本事業の CO₂削減効果を算出した。弊社から発生した昨年度の発生由来別シュレッダーダストの量は表 29 に、算出した CO₂削減効果は表 30 に示すとおりである。

本事業の実施による CO₂削減効果は、エネルギー起源 CO₂で 7,777.6t、非エネルギー起源 CO₂で 0.93t、合計 7,779t となった。なお、四捨五入しているため、エネルギー起源 CO₂と非エネルギー起源 CO₂の合計値がずれている。

また、本事業の実施による CO₂削減コストは 3,764 円/t- CO₂となった。

表 29 発生源別のシュレッダーダスト発生量

発生由来	発生量 t/年
ASR	2978.6
SR	4626.4
家電由来	499.2
小型家電由来	153.1

表 30 発生由来別シュレッターダストの発生量を反映した CO₂削減効果

発生 由来	(単位)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
		原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計	原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計	原材料調 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計
自動 車由 来	エネルギー起源	-2.36E+02	1.25E+02	0	0	-5.98E-02	-1.10E+02	1.66E+03	0	0	0	0	1.66E+03	1.89E+03	-1.25E+02	0	0	5.98E-02	1.30E+03
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-4.50E-05	-4.50E-05	2.36E-01	0	0	0	0	2.36E-01	2.36E-01	0	0	0	4.50E-05	2.36E-01
	合計	-2.36E+02	1.25E+02	0	0	-5.99E-02	-1.10E+02	1.66E+03	0	0	0	0	1.66E+03	1.89E+03	-1.25E+02	0	0	5.99E-02	1.30E+03
産廃 由来	エネルギー起源	-3.66E+02	4.87E+01	0	0	-8.67E+00	-3.26E+02	6.71E+03	0	0	0	0	6.71E+03	7.07E+03	-4.87E+01	0	0	8.67E+00	6.30E+03
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-6.52E-03	-6.52E-03	6.85E-01	0	0	0	0	6.85E-01	6.85E-01	0	0	0	6.52E-03	6.91E-01
	合計	-3.66E+02	4.87E+01	0	0	-8.68E+00	-3.26E+02	6.71E+03	0	0	0	0	6.71E+03	7.07E+03	-4.87E+01	0	0	8.68E+00	6.30E+03
家電 由来	エネルギー起源	-3.95E+01	-2.04E+00	0	0	-9.76E-01	-4.25E+01	1.72E+02	0	0	0	0	1.72E+02	2.12E+02	2.04E+00	0	0	9.76E-01	1.36E+02
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-7.34E-04	-7.34E-04	1.47E-02	0	0	0	0	1.47E-02	1.47E-02	0	0	0	7.34E-04	1.55E-02
	合計	-3.95E+01	-2.04E+00	0	0	-9.76E-01	-4.25E+01	1.72E+02	0	0	0	0	1.72E+02	2.12E+02	2.04E+00	0	0	9.76E-01	1.36E+02
小型 家電 由来	エネルギー起源	-1.21E+01	-6.25E-01	0	0	-2.99E-01	-1.30E+01	5.28E+01	0	0	0	0	5.28E+01	6.49E+01	6.25E-01	0	0	2.99E-01	4.16E+01
	非エネルギー起源	0	0	0	0	-2.25E-04	-2.25E-04	4.52E-03	0	0	0	0	4.52E-03	4.52E-03	0	0	0	2.25E-04	4.74E-03
	合計	-1.21E+01	-6.25E-01	0	0	-3.00E-01	-1.30E+01	5.28E+01	0	0	0	0	5.28E+01	6.49E+01	6.25E-01	0	0	3.00E-01	4.16E+01

4. 回収物及び施設展開に関する市場調査

4.1 回収物の資源性評価

4.1.1 マテリアルリサイクル原料としての資源性評価

比重 1.0 の水槽に浮上したオレフィン系プラスチックを用いてマテリアルリサイクル原料として使用できるかどうか製品化確認試験を実施した。

製品化確認試験はプラスチック 2 次原料を製造している材料メーカーにて実施した。

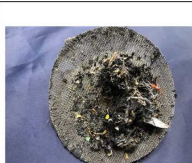
使用した機器は通常の押出成形機（メッシュ 40、メッシュ 60、加熱温度 280℃、出口温度 230℃）を用いた。なお、製品化の評価は、素材外観（異物類の混入）、加工性（ストランド・目詰まり）、カラープレートによる外観評価等、製品化確認試験を実施した材料メーカーの加工性評価基準に基づき行った（参考資料参照）。

製品化確認試験の結果は表 31 に示すとおりである。

比重 1.0 の水槽に浮上したオレフィン系プラスチックは、通常の押出成形機では目詰まりを起こしストランドを作製することができなかった。その原因として、発泡ウレタン系・ゴム系・シールなどの不純物が夾雑物として残っていることが確認された。

改良原理に基づく選別方法で回収された比重 1.0 の水槽に浮上したプラスチック類では通常の押出成形機では製品化できないことが確認された。

表 31 押出成型機による製品化確認試験

品名	評 価 の 工 順 →					総評	上段 赤外分光測定
	入荷原料	押出加工時メッシュ	ストランド	ペレット	試験片		下段 改善課題
試験品1 (ASR)	 ・木・バンバ系・PE・PP ・ゴム系・プラスチック				作製できず	×	・ゴム類
	コメント	・ASR①を生産したところ、異樹脂が非常に多くダイスからガス・未溶解物によりストランドが引けない状態でした。また、メッシュのつまりも早く生産直後に目詰まりが発生し、生産が出来なかったそのため、ASR②・③は生産を行いませんでした。					・入荷原料に含まれている特にゴム系、ウレタンなどの除去が必要。
試験品2 (SR)	 ・木・発泡プラスチック・PS・PE・PP ・ゴム系・ABS・シール・プラスチック				作製できず	×	・PE+タルク ・ゴム系/シリコン系 ・EVA ・PP+アラミド系繊維
	コメント	・SR②を生産したところ、異樹脂が非常に多くダイスからガス・未溶解物によりストランドが引けない状態でした。また、メッシュのつまりも早く生産直後に目詰まりが発生し、生産が出来なかったそのため、SR①・③は生産を行いませんでした。					・ゴム系/シリコン系の除去が必要。
試験品3 (家電)	 ・木・発泡プラスチック・PS・PE・PP ・ゴム系・ABS・シール	少量のため評価不可			作製できず	×	・加工不可のためサンプル無
	コメント	・家電①～③については、加工するための数量を満たしていないため実施していません。ただ、支給された原料を目視確認したところ異樹脂が非常に多く混入していました。					・数量が少なく加工は出来ていないが、非常に多くの異物・異材が含まれており加工は困難と推定します。
試験品4 (小型家電)	 ・発泡プラスチック・ゴム系・PE・PP ・シール・塗装付・メネ付				作製できず	×	・シリコンゴム ・ポリエステル系繊維 ・ゴム系・PET・セルロース ・芳香族系樹脂
	コメント	・小型家電③を生産したところ、異樹脂が非常に多くダイスからガス・未溶解物によりストランドが引けない状態でした。また、メッシュのつまりも早く生産直後に目詰まりが発生し、生産が出来なかったそのため、小型家電①・②は生産を行いませんでした。					・入荷原料に非常に多くの異物・異材が含まれており除去が必要。

そこで、上記の結果を受けて、多少の夾雑物が含まれていてもストランドの作製が可能とされるレーザーフィルター押出成型機による製品化確認試験を追加実施した。

レーザーフィルター押出成型機による追加試験の結果は表 32 に示すとおりである。なお、追加試験に用いたサンプルは、比重 1.0 の水槽で浮上した発生由来別プラスチックの混合物 50 kg（混合割合は弊社から発生するシュレッダーダストの比率を考慮し、自動車由来 35.7%、産業廃棄物由来 56.0%、家電由来 6.0%、小型家電由来 2.4%とした。）と ASR のクルード品を新たに 100 kg 作製し使用した。

追加試験の結果、レーザーフィルター押出成型機を用いることでプレートが製作できることを確認した。外観的には非常に多くの大小の異物が確認されるため、目に見えない箇所（非可視）に使用する製品向けのマテリアルリサイクル原料としては使用可能であることが確認された。ただし、売却先が限定されることも明らかになった。

表 32 レーザーフィルター押出成型機による製品化確認試験

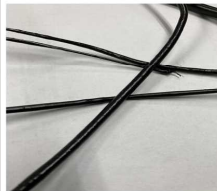
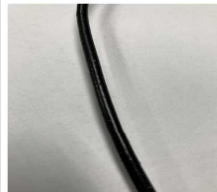
品名	外観	プレート外観コメント	品名	外観	プレート外観コメント
4種混合材 レーザーフィルター 加工品		表面上非常に多く大小の異物が確認できます。	ASR-PP材 レーザーフィルター 加工品		表面上非常に多く大小の異物が確認できます。

そこで、更に、2 次プラスチック原料としての市場を広げるために、選別工程に立ち戻り、比重 1.2 の重液選別水槽での選別に手選別を加え、ゴム類や繊維くず、ウレタンの除去を行った ASR を用いてサンプルを作製し、通常押出成型機を用いて再々の製品化確認試験を実施した。

再々の製品化確認試験の結果は表 33 に示すとおりである。

再々の製品化確認試験の結果、通常押出成型機でストランドの作成ができることを確認した。マテリアルリサイクル原料として使用可能であることが確認された。

表 33 押出成型機により手選別を加えた選別プラスチックを押出成型機により製品化したる製品化確認試験

品名	評 価 の 工 順 →					総評	上段 赤外分光測定
	入荷原料	押出加工時メッシュ	ストランド	ペレット	試験片		下段 改善課題
Aサンプル (ASR) φ12mm						○	ゴム (多い) エステル系ウレタン
	コメント	・粉碎を確認したが、PP以外の異樹脂はPE、ウレタン発泡品など非常に少ない感じを受けました。押出加工においてはストランド上のざらつきやストランド切れはあるものの全量生産した時点での目詰まりはありませんでした。加工後のメッシュには、未溶解のゴム系が詰まっていた。(I R 分析を実施します)					・コードカット式の加工方法では、メッシュに詰まったエステル系ウレタンなどによる生産ロスが大きい。
Bサンプル (ASR) φ15mm						○	ゴム (多い) PA66 PA66+タルク セルロース繊維
	コメント	・Aサンプルと同様で大きな変化は確認できませんでした。					・Aサンプルと同様で、コードカット式の加工方法では、メッシュに詰まったゴムなどによる生産ロスが大きい。
Cサンプル (ASR) φ20mm						○	ゴム (多い) PA66+タルク
	コメント	・A/Bサンプルと同様でしたが、目詰まりはCサンプルが早く生産数量間隙でベントU Pが発生しました。					・A/Bサンプルと同様で、コードカット式の加工方法では、メッシュに詰まったゴムなどによる生産ロスが大きい。

4.1.2 ケミカルリサイクル原料としての資源性評価

(1) ケミカルリサイクル原料

マテリアルリサイクル原料と同様に比重 1.0 の水槽に浮上したオレフィン系プラスチック類を用いてケミカルリサイクルの 2 次原料として使用できるかどうか分析・評価を行なった。分析・評価は化学メーカーの関連分析機関にて実施した。分析・評価結果は表 34 に示すとおりである。

IR 分析（赤外吸収分光法分析）及び NMR 分析（核磁気共鳴分析）の結果、ASR と SR 及び小型家電由来は、PP と PE の回収率は極めて高いことが確認された。また、XRF 分析（蛍光 X 線分析）の結果では 1000ppm 以上の元素として塩素が検出されており、塩素濃度の分析結果からも高濃度の値が検出された。この原因としては、マテリアルリサイクル原料と同様に夾雑物が多く含まれており、特に、銅線が抜け落ちたポリ塩化ビニル素材の被覆線による影響があるのではないかと推察する。

ケミカルリサイクル原料として利活用するためには更なる夾雑物の除去が必要であることを確認した。

表 34 ケミカルリサイクル原料の分析・評価結果 ―比重 1.0 の水槽に浮上したプラスチック類―

サンプル	検体名	IR		XRF	Cl	N	O	灰分	NMR※1), ※2)
		推定される樹脂分	推定される無機分 その他成分	(検出された注意元素 1000ppm以上)	単位:ppm		%		
① A S R	A-1	PP、PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル（詳細不明）	Mg,Al,Si,S,Cl,Ca,Ti,Fe,Zn	1585		69746	6.0~6.2%平均6.1%	PP:68-69% PE: 22-23% ,PVC:0~1%,Stユニット : 0%
	A-2				378		66847		
	A-3				599		64626		
②SR	S-1	PP、PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル（詳細不明）	Na,Mg,Al,Si,Cl,Ca,Ti,Fe,Zn,Br	1433		29811	2.0~2.4%平均2.2%	PP:49-56% PE: 39-45% ,PVC:0~1%,Stユニット : 0%
	S-2				1929		29818		
	S-3				788		25658		
③家電	KA-1	PP、PE、ABSやASの可能性有り	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル（詳細不明）、ポリメチルシロキサン の可能性有り	Na,Mg,Al,Si,P,S,Cl,Ca,Ti,Fe,Zn,Br,Sb,Ba	1155		42288	3.3~4.8%平均4.1%	PP:46-65% PE: 18-24% ,PVC:0~2%,Stユニット : 6~18%
	KA-2				2337		56930		
	KA-3				757		67017		
④小型家電	KO-1	PP、PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル（詳細不明）、ベンゼン環（詳細不明）	Mg,Al,Si,S,Cl,Ca,Ti,Fe,Zn,Br,Ba	704		17985	1.9~2.2%平均2.1%	PP:71-79% PE: 15-23% ,PVC:0~1%,Stユニット : 1~3%
	KO-2				1540		38163		
	KO-3				400		26085		
⑤ A S R	A- 4	PP、PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル（詳細不明）	Mg,Ti,Cl,Ca	1810	670	38892	4.6%	PP:70% PE: 23% ,PVC:1%,Stユニット : 0%

XRF ※1)1000ppm以上の含有を注意元素とした

NMR ※1) PE,PP,PET, スチレン(St)ユニット, PVCに限定して算出。PP中のエチレン部はPEとして算出。

※2) 3.0~4.5ppm領域をPVC由来と仮定して求めた数値

(2) 塩素フリー代替燃料

比重 1.0 の水槽に沈降したプラスチック類を用いて塩素フリー代替燃料として使用できるかどうか分析・評価を行なった。分析・評価は化学メーカーの関連分析機関にて実施した。分析・評価結果は表 35 に示すとおりである。

高位発熱量は一般の石炭・コークスの発熱量 (28,000~30,000KJ/kg) 以上であり、硫黄分(T-S)も「石炭含有品質基準」の 1%以下、塩素濃度 (T-CL) は 0.2~1.13%の範囲であり塩素フリーでは無かったが、セメント会社の熱源基準 (2%以下) は全てのサンプルで満足していた。石炭代替燃料としての活用は十分に可能であることを確認した。

表 35 塩素フリー代替燃料の分析・評価結果 ―比重 1.0 の水槽に沈降したプラスチック類―

項目	単位	ASR①	ASR②	ASR③	SR-①	SR-②	SR-③	家電-①	家電-②	家電-③	小型家電 ①	小型家電 ②	小型家電 ③	備考
水分	%	27.4	1.8	1.9	2.3	2	1.6	1.2	1.1	0.6	1.3	1.4	1.3	H24環水大水発 120725002号
灰分	% (dry)	13.6	14.8	11.1	7.3	4.6	5.5	2.6	2.2	2.7	2.2	2.7	2.2	H24環水大水発 120725002号に準拠
可燃分	% (dry)	86.4	85.2	88.9	92.7	95.4	94.5	97.4	97.8	97.3	97.8	97.3	97.8	H24環水大水発 120725002号に準拠
高位発熱量	J/g(dry)	36,600	36,750	36,320	34,850	36,710	36,750	36,300	36,300	35,000	39,210	39,180	38,720	JIS M 8814:2003
	kcal(dry)	8,742	8,778	8,675	8,324	8,768	8,778	8,670	8,670	8,360	9,365	9,358	9,248	
低位発熱量	J/g(wet)	24,220	33,890	33,290	32,410	34,020	34,260	34,300	34,430	33,430	37,080	36,880	36,470	JIS M 8814:2003
	kcal(wet)	5,785	8,094	7,951	7,741	8,126	8,183	8,192	8,223	7,985	8,856	8,809	8,711	
C	% (dry)	67.2	66.5	71	66.2	76.1	77.8	79	78.9	77.8	82	83	83.5	JIS M 8819:1997
H	% (dry)	10.2	9.71	10.4	7.17	8.6	8.34	6.86	6.44	6.01	7.12	7.68	7.68	JIS M 8819:1997
N	% (dry)	0.58	1.2	1.64	1.62	3.82	4.39	2.12	1.79	1.96	3.36	2.28	1.84	JIS M 8819:1997
O	% (dry)	7.97	7.43	5.58	17	5.68	3.18	8.85	10.2	11	4.45	3.92	4.2	計算値
T-Cl	% (dry)	0.37	0.3	0.2	0.54	1.13	0.63	0.55	0.42	0.55	0.83	0.38	0.55	JIS M 8813:2006に準拠
T-S	% (dry)	0.08	0.06	0.08	0.19	0.07	0.16	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	JIS M 8813:2006に準拠

4.1.3 使用済みの比重 1.2 重液と沈降回収物の資源化の検証

比重 1.2 の選別工程で使用した重液はクローズドシステムで循環しながら再利用を行う。したがって、ここでは、比重 1.2 の重液に沈降した塩分が付着したもの（以下「リサイクル残渣」と称す。）を用いて、溶融技術による塩化合物（塩化カルシウム）の回収が可能か検証を行った。溶融技術による検証は、塩化揮発溶融炉のプラントメーカーにて実施した。

(1) リサイクル残渣の燃料性

リサイクル残渣の燃料性の分析結果は表 36 に示すとおりである。

低位発熱量が 16,560～24,500KJ/kg（wet）と低く、塩素濃度 1.16～15.0%と高いことから燃料としては低品位なものと考えられる。

表 36 リサイクル残渣の燃料性

項目	特記	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電	
水分	%-wet	10.2	2.2	2.9	3.4	0.8	1.3	H24環水大水発120725002号
灰分	% (dry)	38.5	19.2	14.9	19.9	24.0	23.2	H24環水大水発120725002号に準拠
可燃分	% (dry)	61.5	80.8	85.1	80.1	76.0	76.8	H24環水大水発120725002号に準拠
高位発熱量	kJ/kg (dry)	19,440	26,170	24,250	22,960	22,840	20,310	JIS M 8814:2003
低位発熱量	kJ/kg (wet)	16,560	24,500	22,430	21,300	21,750	19,220	JIS M 8814:2003
C	% (dry)	38.2	48.0	49.3	44.2	52.5	42.7	JIS M 8819:1997
H	% (dry)	3.2	4.69	4.79	3.62	3.96	3.58	JIS M 8819:1997
N	% (dry)	1.7	0.17	2.05	0.1	0.27	1.6	JIS M 8819:1997
O	% (dry)	15.5	18.0	13.8	19.5	18.0	25.0	計算値
Cl	% (dry)	2.68	9.77	15.0	12.1	1.16	3.51	JIS M 8813:2006に準拠
S	% (dry)	0.2	0.17	0.15	0.55	0.08	0.38	JIS M 8813:2006に準拠

(2) リサイクル残渣の資源性

リサイクル残渣の資源性分析結果は表 37 に示すとおりである。

分析の結果、灰分が多いため焼却処理した場合には 20～30%程度が焼却残さとなることが確認された。プラスチックとしては硬質プラスチックの含有量が高く、特に家電由来、小型家電由来はそれぞれ 81%、61%と高い値を示していた。金属に関しては 3.7～11%含まれており、ASR については銅、鉄、アルミニウムの順で含有量は高く、SR、家電由来及び小型家電由来については、アルミニウム、銅、鉄の順で含有量は高かった。なお、灰分中の元素濃度分析結果は表 38 に示すとおりである。

表 37 リサイクル残渣の資源性－組成分析－

項目			単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
水分			%-wet	10.2	2.2	2.9	3.4	0.8	1.3
灰分			%(dry)	32.8	21.8	25.6	29.3	24.2	30.6
見掛け比重			wet	0.58	0.36	0.36	0.34	0.51	0.52
見掛け比重			dry	0.48	0.35	0.34	0.33	0.50	0.50
組成	①プラスチック	硬質	%(dry)	35.73	42.39	41.17	37.09	81.22	68.63
		軟質	%(dry)	0.70	1.89	1.59	2.94	1.69	3.62
		ウレタン	%(dry)	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
		①プラ合計	%(dry)	36.43	44.34	42.76	40.03	82.91	72.25
	②金属	鉄	%(dry)	1.10	0.39	0.21	0.00	0.00	0.34
		アルミ	%(dry)	0.56	1.97	2.63	3.39	5.14	8.16
		銅	%(dry)	1.36	1.39	0.95	0.65	0.12	1.15
		その他	%(dry)	0.67	0.76	1.2	0.76	1.16	1.43
		②金属合計	%(dry)	3.69	4.51	4.99	4.8	6.42	11.08
	③紙		%(dry)	0.00	0.04	0.04	0.08	0.00	0.17
	④その他		%(dry)	25.81	5.26	5.86	6.19	9.63	9.43
	⑤ゴム		%(dry)	34.07	45.85	46.35	48.9	1.04	7.07
	合計(①+②+③+④+⑤)		%(dry)	100	100	100	100	100	100

表 38 灰分中の元素濃度

項目	単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-①	水槽1.2下 SR-②	水槽1.2下 SR-③	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
Si	% (dry)	12.8	12.8	9.20	11.4	19.5	14.9
Al	% (dry)	3.27	4.80	5.14	6.09	9.05	11.5
Ca	% (dry)	18.5	15.7	14.8	17.0	8.88	11.1
Fe	% (dry)	5.08	3.69	6.45	5.08	1.64	3.11
Na	% (dry)	0.71	0.65	0.53	0.52	0.95	0.73
K	% (dry)	0.88	0.35	0.41	0.56	1.53	0.40
T-Cl	% (dry)	5.00	8.28	9.07	9.05	0.41	3.01
T-S	% (dry)	0.78	0.70	1.06	0.50	0.10	0.58
T-P	% (dry)	0.06	0.23	0.15	0.11	1.10	0.20
Mg	% (dry)	1.29	2.12	1.16	1.15	3.40	2.43
B	% (dry)	0.34	0.34	0.23	0.35	0.66	0.45
In	% (dry)	0	0	0	0	0	0
Sn	% (dry)	0.03	0.04	0.02	0.05	0.03	0.03
Cd	mg/kg(dry)	0	0	0	0	0	0
Cu	% (dry)	2.56	3.07	1.97	1.68	1.86	2.93
Cr	% (dry)	0.22	0.65	1.62	1.05	0.12	0.85
Ni	% (dry)	0.21	0.23	0.35	0.32	0.08	0.25
Pb	% (dry)	1.44	1.02	0.76	0.45	0.13	0.30
Hg	mg/kg(dry)	0	0	0	0	0	0
Zn	% (dry)	0.53	0.48	0.55	0.37	0.20	0.44
As	mg/kg(dry)	70	50	31	25	11	51
Se	mg/kg(dry)	0	0	0	0	0	0
Ti	% (dry)	0.37	0.54	0.55	0.89	0.29	0.55
Au	% (dry)	0	0.00005	0.00004	0.00003	0.00002	0
Ag	% (dry)	0.00044	0.00058	0.00060	0.00066	0.00093	0.00069
Pt	% (dry)	0	0	0	0	0	0
Pd	% (dry)	0	0	0	0	0	0

(3) リサイクル残渣の溶融性

灰分の溶融試験結果は図 8 及び表 39 に示すとおりである。

溶融点は 1,182℃～1,300℃であり、いずれの試料も溶融炉の操作温度 1250℃～1350℃で十分溶融可能な性状であった。

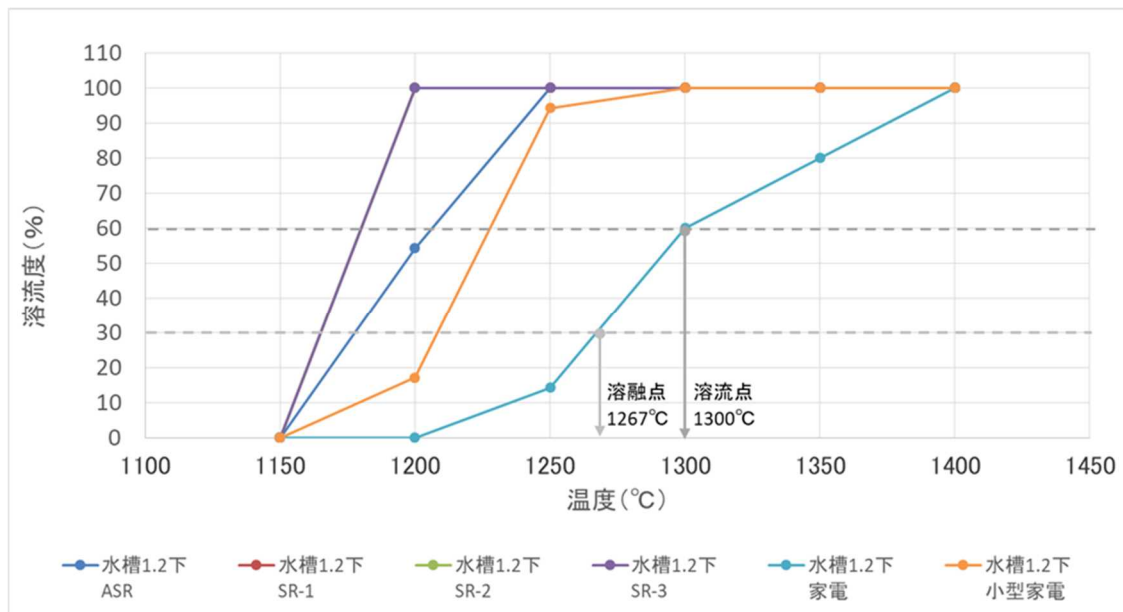


図 8 試験温度と溶流度

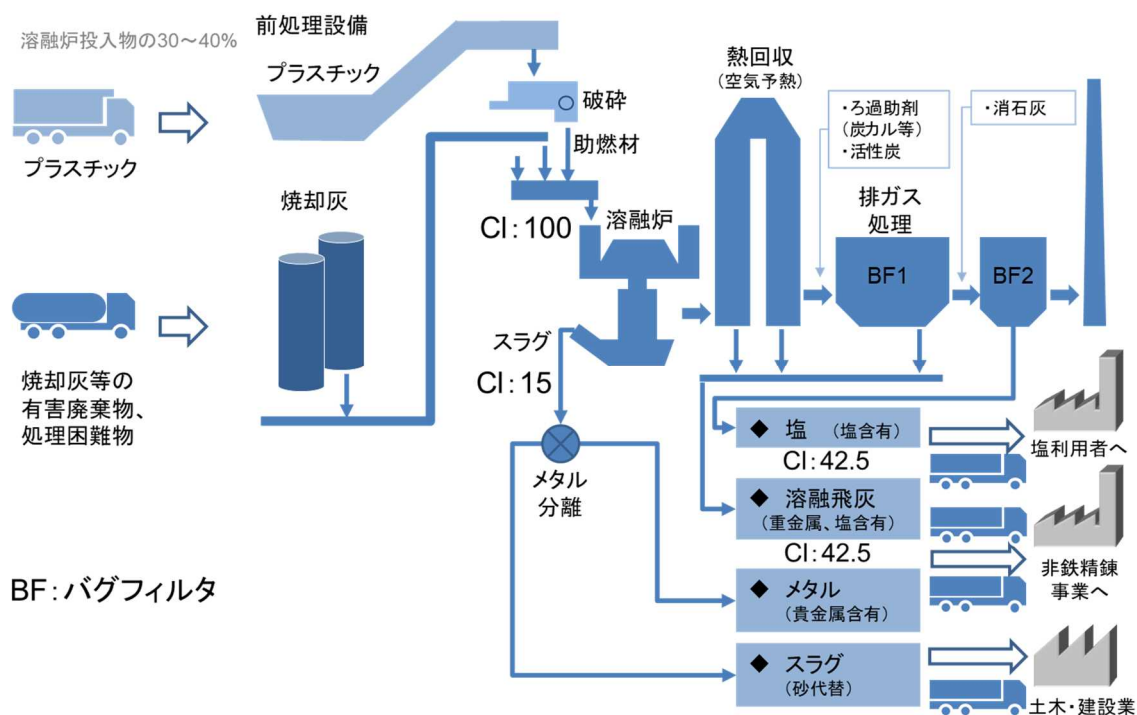
表 39 溶流度試験結果

	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
溶融点 (溶流度30%)	1,181	1,170	1,169	1,169	1,267	1,208
溶流点 (溶流度60%)	1,206	1,183	1,182	1,182	1,300	1,228

(4) 塩素回収量の推定

比重 1.2 の重液に沈んだりサイクル残渣から、溶融プロセスで回収できる塩素の量を試算した。溶融プロセスフローと塩素バランスは図 9 に示すとおりである。また、塩化物回収量の試算結果は表 40 に示すとおりである。

試算の結果、試料 1 トンあたりの ASR で 27 kg、SR で 100～160 kg、家電由来で 13 kg、小型家電由来で 38 kg の塩化物 (CaCl(OH)) が回収可能と試算された。



【塩化揮発溶融炉の仕組み】

- ・ 2 段バグフィルタ（BF）システムとし、1 段目（BF1）と 2 段目（BF2）の間で高反応性消石灰を噴霧し、BF2 回収物を再生塩として利用する。
- ・ 溶融炉投入物に含まれる Cl（100）のうち 15%がスラグに同伴し、85%が溶融炉内で揮散し排ガスに移行する。排ガスに移行した 85%のうち、50%が煙道、空気予熱器等で凝縮しダストとして排出もしくは BF1 で回収される。（BF1 回収 Cl 量： $100 \times 85\% \times 50\% = 42.5$ ）
- ・ HCl の形態で BF1 を通過した Cl のみが、BF1-BF2 間で吹き込む高反応消石灰と反応して塩化物として BF2 にて回収される。（BF2 回収 Cl 量： $100 \times 85\% \times 50\% = 42.5$ ）
- ・ BF2 における消石灰と塩化水素と中和反応は以下の反応式による。

図 9 溶融プロセスフローと塩素収支

表 40 塩化物回収量の試算

	単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電	備考
Cl(含有量)	% (dry)	2.68	9.77	15	12.1	1.16	3.51	試料乾重量比
Cl(BF2回収)	% (dry)	1.14	4.15	6.38	5.14	0.49	1.49	試料乾重量比
塩化物回収量	% (dry)	3.0	10.8	16.6	13.4	1.3	3.9	試料乾重量比
	kg-塩化物/t-試料(dry)	30	108	166	134	13	39	試料乾重量比
	kg-塩化物/t-試料(wet)	27	106	162	130	13	38	試料湿重量比

(5) まとめ

リサイクル残渣のリサイクル可能性を検証した結果、リサイクル残渣自体は低位発熱量が低く塩素濃度も高いことから製紙工場等の工業炉においては良質な燃料としての利活用は難しい事が示唆された。

塩化揮発溶融炉を使ったリサイクル残渣のリサイクル可能性を検証した結果、リサイクル残渣は化石燃料を用いることなく溶融可能な発熱量を有すること、灰分には銅やアルミニウム、鉄等の有用金属が数%から十数%の範囲で含有されていることが確認された。塩化揮発溶融炉は塩素に対する耐性が見込まれることから、リサイクル残渣そのものの熱量を利用して、これらの有用金属を回収できる可能性があることが確認された。また、塩化物については塩化カルシウム (CaCl_2) としての回収は出来ていないが塩化水酸カルシウム ($\text{CaCl}(\text{OH})$) として回収出来るポテンシャルがあると考ええる。ただし、灰分及び塩化物とも資源としての市場性については確認出来ていない。なお、本検証で用いた「塩化揮発溶融炉」はまだ普及過程にあり、現段階でリサイクル残渣の資源循環サイクルに位置付けることは難しい状況と考える。

4.2 回収物の売却可能性の検討

4.2.1 ヒアリング調査

(1) マテリアルリサイクル原料

「4.1.1 マテリアルリサイクル原料としての資源性評価」の結果、ストランドが作製できた表 41 に示す 5 つのサンプルについてヒアリングを行った。ヒアリング先は 2 次プラスチック原料を製造または販売している会社とした。ヒアリング内容は表 42 に示すとおりである。なお、ヒアリングにあたってはサンプル及び作製されたストランドと物性評価の結果を開示した。

ヒアリング結果のまとめは表 43 に個別ヒアリングの結果は表 44(1)～(4)に示すとおりである。ヒアリングの結果、4 種混合レーザー加工品及び ASR レーザー加工品は、品質は劣るものの雑貨などの製品用にそれぞれ 30～40 円、30～50 円/kg で販売することが可能であることを確認した。また、改良原理に手選別を加え通常の押出成型機で加工したものについては自動車部品のシートバック材やエンジンルーム内の部品、非外観部品類等への使用が可能との評価から 20～65 円/kg で販売できることを確認した。

表 41 ヒアリング対象サンプル

種 類	内 容
4 種混合レーザー加工品	ASR、SR、家電由来、小型家電由来の 4 種類をシュレッダーダストの発生割合で混合したサンプルをレーザーフィルターで加工したもの。
ASR レーザー加工品	ASR から改良原理に基づき回収されたサンプルをレーザーフィルター押出成型機で加工したもの。
サンプル A (12 mm)	ASR から改良原理に手選別を加えて回収したサンプルを通常の押出成型機で加工したもの。
サンプル B (15 mm)	
サンプル C (20 mm)	

表 42 ヒアリング内容

設問	内 容
①	今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）
②	用途毎の購入可能価格
③	一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）
④	一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）
⑤	その他（アドバイスなど）

表 43 マテリアルリサイクル原料のヒアリング結果 ―まとめ―

	4種混合材レーザーフィルター加工品	ASR-PP材レーザーフィルター加工品	Aサンプル	Bサンプル	Cサンプル
① 今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）	雑貨（百円均一）、擬木、車止め、杭、容リパレット代替材、外観異物多く購入不可	雑貨（百円均一）、擬木、車止め、杭、容リパレット代替材、外観異物多く購入不可	パレット、パレット向けコンパウンド材の増量材、雑貨（百円均一）、雨水貯留槽 自動車 ：シートバック材への配合30%程度、エンジンルーム内部品への増量材	雨水貯留槽向けコンパウンド材の増量材 自動車 ：内装部品で非外観部品類	家電：MFR向上し家電向けコンパウンド材の増量材 自動車 ：MFR向上しトランクルーム仕切り板素材
②用途毎の購入可能価格	30～40円/kg （パレット購入価格）	30～50円/kg （パレット購入価格）	20～60円/kg （粉碎品購入価格）	20～60円/kg （粉碎品購入価格）	30～65円/kg （粉碎品購入価格）
③ 一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）	・ 粉碎・ペレット共サイズが均等であること(各社サイズは異なる) ・ ペレットの場合、発泡していないこと(切断面の確認) ・ ペレットミスカットがないこと ・ 脱水が確実にされていること(粉碎品の場合の湿度率管理含む)				
④ 一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）	・ 異樹脂・異物管理の徹底 ・ RoHS10は管理必須の先もあれば、向け先によって特に気にしない先もある ・ 混入異樹脂によっては剥離現象や大幅な物性低下を招く恐れもあり要注意 ・ 商品分類上、水分・塩素・塗膜・ラメ混入防止要求もあり⇒クレーム対象を避ける為、事前協議が必要				
⑤その他 （アドバイスなど）	・ 再生材は以前、品質に関して特段評価が甘いこともあったが、社会全体として環境問題等の意識が上がり再生材の認知度が向上。それと同時に、安かろう悪かろうではなく品質向上要求高まっている ・ 4種混合やASR-PPレーザーフィルター品は架橋ポリエチレンの影響かも？ ・ 発生履歴の明らかな今回の様な原料は、出来る限り元に戻す循環社会構築が社会意義も含め重要になるのでご一緒にお願いしたい ・ A～Cはどれも大変高評価で、量産維持が出来るのであれば可能性は大いに広がる。Aの比重、Cの衝撃強度は、どちらも高評価で今までのASR-PPの中では最良と言える				

表 44(1) 個別ヒアリング結果

A社	自動車部品樹脂・家電部品樹脂原料製造
設問	回答
①今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（成形用途）自動車エンジンルーム内の部品（エアコンカバー、エアフィルター等）向け材料への増量材（耐熱性良いため） (2)Bサンプル⇒（成形用途）同上、及び内装部品で外観重視でない部品類。 (3)Cサンプル⇒（成形用途）自動車の外装材（エンジンアンダーカバー、泥除け）トランクルーム仕切り壁素材等々。ただし、添加剤等でMI値を上げる必要あり。 (4)4種混合材レザ-フィルター加工品⇒（成形用途）（溶けないものが入っているので購入不可） (5)ASR-PP材レザ-フィルター加工品⇒（成形用途）（溶けないものが入っているので購入不可）
②またその用途毎の貴社にてご購入可能な価格をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（購入価格）25 円/kg（ベレットなら50 円/kg） (2)Bサンプル⇒（購入価格）同上 (3)Cサンプル⇒（購入価格）35 円/kg（ベレットなら65～70 円/kg） (4)4種混合材レザ-フィルター加工品⇒（購入価格）（溶けないものが入っているので購入不可） (5)ASR-PP材レザ-フィルター加工品⇒（購入価格）（溶けないものが入っているので購入不可） ※上記購入価格は弊社工場まで納品条件でのものです。また物性値のデータが大きくなると価格は下がります。
③一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）	20mmの粉碎でOK。大きさが揃っていることが条件。長物が混じっていた場合返品となる場合があります。
④一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）	塩素・水分・成型時臭いの原因となるものは混入を防いで頂きたい。 ■× 特に塩素は生産機 金型を劣化 錆びさせるので0.3%程度でも影響が大です。 ▲水分は生産機構造、乾燥機、添加剤で有る程度（1%程度であれば）対応可能。
⑤その他（アドバイスなど）	・テストプレートのシボが深くて良い。従来の再生材で外観NGレベルでも革シボ・深シボ等、シボ面から検討して使用用途拡大をする事は素晴らしい事と思います。 ・物性の安定、異物の低減が肝になる。LOT内にて物性のバラツキがどの程度まで管理出来るのか？がその後の展開に大きな影響を与えます。 ・4種混合材とASR-PP材は溶けない異物がプレート表面に浮いていたが、苗箱のような成形用途であれば使用可能と思う（弊社での取扱いは無い）。 車関連から発生する樹脂は再度車関連部品に用途展開する事かと思います。車両関連のオレフィン系部品は外装、内装、エンジンルームに大区分されますが樹脂単体よりも複合化された樹脂（PP+無機物+ゴム系）が主である。よって発生する樹脂もそのたぐいになることから、再配合設計加工により元の車両部品材料へと戻す事が可能で有る。 他の安価低級品分野に向ける事は、安易ではあるが発生元が明確な物は可能な限り発生元に戻す事により循環社会に於ける社会的意義も含め一番価値が生まれる手法かと思えます。（弊社は再配合設計/樹脂改質/改色のLABを運営しております）

表 44(2) 個別ヒアリング結果

B社	自動車部品樹脂・建築資材部品樹脂原料製造
設問	回答
①今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（成形用途）パレット、雨水貯留槽 (2)Bサンプル⇒（成形用途）雨水貯留槽、パレット (3)Cサンプル⇒（成形用途）パレット、雨水貯留槽 (4)4種混合材レーザーフィルター加工品⇒（成形用途）プレートの異物が目立ち採用不可 (5)ASR-PP材レーザーフィルター加工品⇒（成形用途）プレートの異物が目立ち採用不可
②またその用途毎の貴社にてご購入可能な価格をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（購入価格）45円/kg（PPコンテナ粉碎品扱い） (2)Bサンプル⇒（購入価格）35円/kg（PP自動車内装材粉碎品扱い） (3)Cサンプル⇒（購入価格）43～45円/kg（PPバンパー粉碎品扱い） (4)4種混合材レーザーフィルター加工品⇒（購入価格）プレートの異物が目立ち採用不可 (5)ASR-PP材レーザーフィルター加工品⇒（購入価格）プレートの異物が目立ち採用不可 ※価格は弊社工場への納品時価格となります。また相場の変動により購入価格が変わる可能性があります。
③一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）	ストランドカットペレットの場合、3mm×3mmでミスカット無きこと。 粉碎品の場合、サイズが揃っていれば16mm～20mmでOK。12mmだと小さ過ぎて他粉碎品とブレンドした際に均等に混ざりにくいケースがある。
④一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）	コンタミやフラッシュ発生要因（水分、塩素分、バンパー塗膜や化粧品系のラメ等）無きこと。外観重視。RoHS10物質は気にしていない。
⑤その他（アドバイスなど）	4種混合材、ASR-PP材のレーザーフィルター加工品のプレート上に発生していた模様は溶け切れていない架橋ポリエチレンではないかと思う。以前、他社の自動車内装材をテストした時に同様の症状が発生していて、その時の経験からそうように考えた。

表 44(3) 個別ヒアリング結果

C社	建築資材部品樹脂・園芸資材部品樹脂原料製造
設問	回答
①今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（成形用途）パレット用コンパウンド主材 (2)Bサンプル⇒（成形用途）雨水貯留槽用コンパウンド主材 (3)Cサンプル⇒（成形用途）（メルトアップ材を添加して）家電系コンパウンドの配合材 (4)4種混合材レーザ-フィルター加工品⇒（成形用途）杭、苗箱、容リパレット用代替材 (5)ASR-PP材レーザ-フィルター加工品⇒（成形用途）杭、苗箱、容リパレット用代替材
②またその用途毎の貴社にてご購入可能な価格をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（粉碎品購入価格）20円/kg (2)Bサンプル⇒（粉碎品購入価格）20円/kg (3)Cサンプル⇒（粉碎品購入価格）30円/kg (4)4種混合材レーザ-フィルター加工品⇒（ペレット購入価格）30～40円/kg (5)ASR-PP材レーザ-フィルター加工品⇒（ペレット購入価格）30～40円/kg ※上記単価は全て車上渡し条件となります。また、購入可能価格は市場相場により変動する可能性があります。
③一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）	粉碎品であれば15mmが扱い易いです。ただし長物の混入はご容赦下さい。 再生ペレットの場合はストランドカットのみ扱っております。ホットカットですと内部に異物や水分が混入してもプレート打たないと顕在化しないためです。ストランドだと切断面を見れば発泡も分かりますし。 尚、ストランドペレットの場合、ミスカットがないことはもちろんですが、脱水は確実にしているのが条件です。粉碎品はSATOのデジタル湿度計で湿度率80%以上ある場合は購入不可となります。
④一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）	金属異物、紙系、異樹脂等の混入は極力ゼロに近づけて頂きたいです。もちろん多少の異物は押出機内メッシュにて除去可能ではありますが、設備の仕様により異物に強い設備とそれほどでもない設備があり、販売先の設備状況も踏まえて提案する必要が出て来ますので、異物が多いと販売先の選択肢は狭まってしまう（＝買取価格が下がる）ことはご了承下さい。 RoHS10物質については購入時に現状測定しておりませんが、顧客の意向で不使用証明を求められる可能性があります。
⑤その他（アドバイスなど）	送って頂いたA～Cサンプルのプレートは大変綺麗で、外観上このレベルを量産時にも維持出来るとなれば、さらに可能性は広がるものと考えられます。 また物性面ではAサンプルの比重0.93、Cサンプルのシャルピー衝撃強度32が非常に良く、この値がブレずに維持出来るとなれば主材としての可能性は高まります。いずれにしても自動車ASR由来の粉碎品としては出色の出来だと思います。

表 44(4) 個別ヒアリング結果

D社	雑貨部品樹脂・自動車部品樹脂・園芸資材部品樹脂原料製造
設問	回答
①今回の物性結果でマテリアルリサイクルできる製品（成形用途）をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（成形用途）自動車（シートバック材への配合30%程度）、パレット、雑貨 (2)Bサンプル⇒（成形用途）自動車（シートバック材への配合30%程度）、パレット、雑貨 (3)Cサンプル◎物性一番良い⇒（成形用途）自動車（シートバック材への配合30%程度）、パレット、雑貨 (4)4種混合材レーザ-フィルター加工品⇒（成形用途）雑貨、擬木、車止め (5)ASR-PP材レーザ-フィルター加工品⇒（成形用途）パレット、雑貨
②またその用途毎の貴社にてご購入可能な価格をお教えてください。	(1)Aサンプル⇒（粉碎品購入価格）60円/kg (2)Bサンプル⇒（粉碎品購入価格）60円/kg (3)Cサンプル⇒（粉碎品購入価格）65円/kg (4)4種混合材レーザ-フィルター加工品⇒（ペレット購入価格）40円/kg (5)ASR-PP材レーザ-フィルター加工品⇒（ペレット購入価格）50円/kg ※上記単価は全て弊社藤岡工場への納品条件となります。また、購入可能価格は市場相場により変動する可能性があります。
③一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき性状（形状や状態など）	ペレットサイズが均等であること、ペレットが発泡していないこと、ミスカットがないこと、脱水が確実にされていること等です。
④一般論としてリサイクル樹脂の注意すべき品位（懸念物質など）	混入しては困るものは異樹脂です。例えばPPの中にGPPSが混入してもペレットには加工可能ですのでそれを成型した場合剥離現象が起き衝撃値が極端に下がり製品としては使えなくなります。また、異物や金属の混入があると大きな問題になります。 なお、RoHS10物質の最大許容濃度範囲であることは勿論ですが、毒物及び劇物等が混入させてはクレーム対象になります。よく仕入の際確認されたほうが良いと思います。
⑤その他（アドバイスなど）	再生材は以前、品質に関して特段評価が甘いこともありましたが、社会全体として環境問題等の意識が上がり再生材の認知度も上がってきています。それと同時に、安かろう悪かろうであったものが品質を求められるようになってきています。物性を含む品質管理はとても重要だと思っています。

(2) ケミカルリサイクル原料

ヒアリングは油化事業者及び化学品メーカーに対し行った。ヒアリングにあたっては「4.1.2 ケミカルリサイクル原料としての資源性評価」の結果の開示とサンプルを提供した。ヒアリング結果は表 45 に示すとおりである。

ヒアリングの結果、ヒアリング先は現在、重油あるいはナフサ原料としての利活用を検討中であり、かつ開示した情報が IR 分析や NMR 分析といった元素特性を把握することを目的とした分析結果であったことから、本実証事業で回収されたサンプルがケミカルリサイクル原料として利活用できるか有価物として購入できるか等については評価できなかった。蒸留試験を行い塩素等の分析を行ったうえでないとケミカルリサイクル原料としての評価はできないとの見解であった。なお、A 社、B 社とも、サンプルを提供すれば評価を行なうための蒸留試験に協力するとの事であった。今後はケミカルリサイクルを検討している会社へサンプルを提供し蒸留試験に協力してもらうことで、ケミカルリサイクル原料としての可能性を明らかにできると考えている。また、ヒアリングの結果、2 次プラスチック原料を使った資源化技術の開発も急務であることを確認した。

表 45 ケミカルリサイクル検討各社からのヒアリングまとめ

ヒアリング先	業態	現在のケミカルリサイクルへの取り組み状況	本実証塩素分へのケミカルリサイクル使用可能かの判断	ケミカル原料としての購入
A 社	ケミカルリサイクル油化設備会社	石油精製メーカーが当企業のケミカルリサイクルシステム検討中	塩素分はパーセントオーダーでも、原料に戻すという環境負荷を減らすという善行にはコストがかかっても処理を行えばいい。	ケミカル原料として確認していないので価格提示不可
B 社	大手化学メーカー	廃プラからのナフサ原料検討中	ナフサ原料への蒸留を行い油化をした段階での塩素及び他成分濃度の確認を行わないと判断できない	ケミカル原料として確認していないので価格提示不可

(3) 塩素フリー代替燃料

ヒアリングは、セメント会社及び電気炉会社に対し行った。ヒアリングにあたっては「4.1.2 ケミカルリサイクル原料としての資源性評価」の結果の開示とサンプルを提供した。ヒアリング結果は表 46 に示すとおりである。

ヒアリングの結果、いずれの会社も燃料としての活用は可能で有価での取引も可能であるとの回答であった。特に、電気炉会社からはコークス価格同等の評価を得た。

表 46 石炭代替燃料としての活用可能性

ヒアリング先	現在			本実証燃料		
	使用用途	価格(円/kg)	扱い	使用用途	価格(円/kg)	扱い
セメント	釜尻塩素希釈 サーマルリサイクル	△10～△30	サーマルリサイクル	釜前微粉炭	6～8	塩素コントロール燃料 微粉炭代替
電気炉	使用無し	－	－	コークスイン ジェクション	46.59 2022/11相場	コークス代替

4.3 同業他社への設備導入可能性の検討

4.3.1 ヒアリング先の選定

ヒアリング先の選定はシュレッダーダストの資源化拠点づくりの可能性について考慮し、北海道を除く全国を5つのブロック（東北6県、関東、中部（甲信越含む。）、中国・四国、九州）に分け各ブロックから2社を選定した。

選定にあたっては、表47に示す選定条件を設け、シュレッダー設備の設置状況（2018年5月1日 メタル・リサイクル・マンスリー記事参照）を鑑み、「一般社団法人日本鉄リサイクル工業会 自動車リサイクル法委員会」、「一般社団法人小型家電リサイクル協会」及び「公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団」へ企業紹介をお願いした。

表 47 ヒアリング先の選定条件

主な取扱品目に自動車が含まれていること。 主な設備に馬力1,000以上のシュレッダーが設置されていること。 プラスチックの選別を行っていること。 シュレッダーダストを自社廃棄物と処理処分していること。

4.3.2 ヒアリング調査

ヒアリング調査にあたっては、「2.2.1 実証プラントによる実証試験」の結果及び「2.2.2 基本設計」の設計図を説明資料として開示した。

ヒアリング結果のまとめは表 48 に、各社のヒアリング内容は表 49(1)～(10)に示すとおりである。

表 48 ヒアリング結果のまとめ

エリア	発生量と処理コスト	資源化に向けた課題等	改良及び導入可能性
東北	・シュレッダーダストの発生量は年間で約4,800t～14,600t ・処理コストは40円/kg（収運費込み）	・事業採算性。 ・2次プラスチックの市場が未成熟。社会的ニーズが不確実。 ・サーマルリカバリーも必要。	・シュレッダーダスト排出口が狭隘のため改良が難しい。 ・プラスチックの資源化は必要。 ・出口戦略が重要。
関東	・シュレッダーダストの発生量は年間で約4,650t～8,850t ・処理コストは22円/kg～45円/kg（収運費込み）	・金属回収を主眼とした設備となっている。 ・塩素含有プラスチックの除去 ・2次プラスチックの市場が未成熟。	・シュレッダーダスト排出口が狭隘のため改良が難しい。 ・プラスチックの資源化は必要。 ・出口戦略が重要。
中部・甲信越	・シュレッダーダストの発生量は年間で約4,500t～24,000t ・処理コストは25円/kg～40円/kg（収運費込み）	・資源化を進めれば残渣は処理困難物となる可能性が高い。 ・2次プラスチックの市場が未成熟。社会的ニーズが不確実。 ・臭素系難燃剤やバイオマスプラスチック等プラスチック製品の資源化に関する環境が未整備。	・シュレッダーダスト排出口が狭隘のため改良が難しい。 ・プラスチックの資源化は必要。 ・出口戦略が重要。
中国・四国	・シュレッダーダストの発生量は年間で約9,200t～9,600t ・処理コストは25円/kg～40円/kg（収運費込み）	・金属回収を主眼とした設備となっている。 ・「木くず」の選別技術 ・「ウレタン」の出口戦略	・シュレッダーダスト排出口が狭隘のため改良が難しい。 ・プラスチックの資源化は必要。 ・出口戦略が重要。
九州	・シュレッダーダストの発生量は年間で約10,000t～20,000t ・セメント会社への石炭代替燃料として納めるコストとして15円/kg～16円/kg（収運費別）	・石炭代替燃料を最終製品として位置付けたプラント設計（金属回収主眼）となっている。 ・事業採算性	・シュレッダーダスト排出口が狭隘のため改良が難しい。 ・プラスチックの資源化は必要。 ・出口戦略が重要。

同業他社 10 社へのヒアリングの結果、「2050 ゼロカーボン」といった国の方針や自動車リサイクル法の「ASR の減量化の推進」等の流れを鑑みるとサーマルリカバリーからの脱却を真摯に受止め対処方法を検討すべき時期にあることを意識している会社が多いことが確認された。その反面、RPF 化等、シュレッダーダストの資源化事業の検討を行ってはみたものの事業規模に見合わず見送らざるを得ない現状も確認出来た。事業規模に見合った適切な資源化技術が求められていることが確認された。

本実証事業での成果が良好で事業規模に見合った設備投資が可能と言うことであれば検討の余地があることを確認した。また、現有施設は金属資源の選別に注力した設備であり、より一層、金属資源回収に注力すればシュレッダーダストの減容化やプラスチックの

濃縮化が出来るのではないかと考えていることも明らかになった。

設備投資にあたっては、処理コストの削減は当然で、それ以外の条件としては、2次プラスチック原料の市場の確立が挙げられた。

シュレッダーダストの資源化拠点づくりについては、自動車リサイクル法の「再資源化施設」がその機能を担っているとの認識であり、廃自動車が減っている現状を踏まえるとASR以外のシュレッダーダストの受入れも可能になるのではないかとの見解であった。

既存設備との連続性については、現有シュレッダーダストの排出場所が狭隘であることもあるがトラブルリスクを考えると別工程での構築が望ましいとの見解であった。

表 49(1) 東北ブロックヒアリング結果

日 時	2023年01月10日 13:00～14:30
場 所	青森県
相手先	代表者他
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,250～2,000馬力（処理能力：20～40t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:4,000t／月（自り法28条再資源化施設）
	・産業廃棄物由来:20,000t／月
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:2,000t／年（160～170t／月）
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:1,200t／月（受入量の3割弱くらい）
	・産業廃棄物由来:6,000t弱／月（同上）
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:70t／月
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト 容器包装リサイクル法の資源化を行っており自社でパレットまで製造している。これまでにプラスチック資源化のノウハウは蓄積されているので、社会のニーズがあれば何時でも対応は可能と考えている。ASRに関して言えば、解体時のプラスチックの資源化が進んでいない現状を鑑みると、ASRの資源化は余りにも時期早々では無いか。基本的には自己完結型なので処理コストはかかっていないが、リスクヘッジのために2,000t／年位は外部委託している。処理コストは収運費別で30～35円／kg。
内 容	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・全工場から発生するシュレッダーダストは自社所有の熔融炉でサーマルリカバリーを行いスラグ化した後の残渣のみを自社所有の管理型埋立処分場で処理している。 ・サーマルリカバリーからの脱却は考えなくもないが、サーマルリカバリーは必要なりサイクル手法で完全には無くならないと考えている。 ・ただし、社会のニーズと要求が高まれば、サーマルリカバリーからの転換に直ぐにでも着手し必要な設備投資は行う考えはあるが、プラスチックでの事業化を考えるとCartoCarレベルの資源化までを目指さないと難しいと考えている。 【シュレッダーダストの排出状況】 

表 49(2) 東北ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月19日 13:00～14:40
場 所	福島県
相手先	代表者、係長
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,000馬力（処理能力：12～15t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:500t／月
	・産業廃棄物由来:1,000t／月 金属資源性の高いものを有価物(8割～9割)として購入
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:取り扱い無
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:150～200t／月(受入量の3割弱くらい)
	・産業廃棄物由来:200t弱／月(同上)
	・家電リサイクル由来:手解体が主。シュレッダーをかけるのは受入量の2～3%でほとんどない。
	・小型家電由来:—
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	シュレッダーダストはほとんどが焼却。単純焼却が10%、サーマルリカバリーが90%位か。処理コストは収集運搬費込みで40円／kg（処理費のみでは20～35円/kg）位。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・光学選別機を導入しシュレッダーダスト（SR）から金属を徹底的に回収している。残渣として残ったもの（プラスチックリッチなもの）でRPF製造を検討したが、発生量が少ないため事業採算性が合わず断念した経緯がある。 ・単純焼却からは脱却したいのが本音である。現時点では事業採算性が取れる技術に出会っていない。本実証技術が事業採算性の取れるものであれば検討する価値はあるかと。
	・粉砕洗浄設備を導入するとなると施設の設置許可が必要となり、設置までかなりの時間を要してしまい、事業化タイミングを逸してしまう可能性がある。導入にあたっては、その辺のタイミングも重要となる。 ・設備導入にあたっては現在の処理コストをどこまで抑えられるかが一番。シュレッダーダストの処理コストを下げる設備投資で無ければやらない。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(3) 関東ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月26日 13:00～15:00
場 所	栃木県
相手先	部長
内 容	1. シュレッダーの処理能力：2,000馬力（処理能力：20t/時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:500t/月
	・産業廃棄物由来:100t/月 金属資源として買い入れた物:450t/月
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:20t/月
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:200t/月
	・産業廃棄物由来:180t/月 ※金属資源として買い入れた物含む。
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:7t/月
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	シュレッダーダストは100%サーマルリカバリー。処理コストは発生由来別で多少変わるが、小型家電由来で収集運搬費込みで22円/kg（処分費のみで18円/kg位）、産業廃棄物由来だと処分費で10円/kg以上は増額される。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・サーマルリカバリーからの脱却は考えている。鉄くずの付加価値向上とプラスチックの選別は同義語と捉えている。鉄スクラップの品質向上を目指せば必然的にプラスチック類が残渣物として精度よく残ってくるものと考えている。
	・金属スクラップは市場が成熟しているが2次プラスチック原料の市場は整っておらず、かつ市場価格のベースとなる指標も無い。設備投資判断を行うには、廃棄物処理コストの削減効果はもちろんあるが、事業継続性を考えるとしっかりとした市場が確保されていることが最も重要と捉えている。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(4) 関東ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月20日 10:00～11:40
場 所	埼玉県
相手先	代表者
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,250馬力（処理能力：25t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:1,200t／月
	・産業廃棄物由来:268t／月 金属資源として買い入れた物:1,045t/月
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:取り扱い無
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:367t／月
	・産業廃棄物由来:268t／月 金属資源として買い入れた物:100t/月
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:—
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	シュレッダーダストは焼却が7割、埋立が3割。処理コストは収集運搬費込みで45円／kg（処理費のみでは41円/kg）位。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・シュレッダーダストから金属をくまなく回収するための設備を近く導入する計画である。シュレッダーダスト（SR）から金属が徹底的に回収出来れば、塩素系プラスチックを更に取り除き、RPF燃料や脱酸材としての利活用が検討できるのではないかと考えている。また、RPF燃料などの使用先もセメントから電炉などへ広がってくるのではないかと捉えている。
	・今の「ゼロカーボン」等の風潮を考えるとコスト的にプラスマイナスゼロであれば、資源化への取り組みはやらざるを得ないと考えている。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(5) 中部ブロックヒアリング結果

日 時	2023年01月10日 21:00～22:15
場 所	愛知県
相手先	役員
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,500馬力（処理能力：18t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:300t／月
	・産業廃棄物由来:400t／月 金属資源性の高いものを有価物として購入:1,200t／月
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:100t／月
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:130t／月（自リ法28条再資源化施設）
	・産業廃棄物由来:200t／月 金属資源性の高いものを有価物として購入:300t／月
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:50t／月
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	ASRは他のSRと合わせて自リ法の再資源化工場にて選別を行い製品化し回収された硬質プラスチック類は主に製鋼用燃料及び還元剤に、軽質系ダストは鉄粉やアルミ灰を混練り加熱圧縮成形し製鋼用副資材に再資源化している。リサイクル率で言うとサーマルリカバリーが97～98%、埋立処分が2～3%。処理コストはお付き合いの必要経費。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・4年位前にASRの資源化を試みたことがある。資源化コストが60円/kgも掛かってしまいその時は事業採算性が担保できず断念した。
	・2次プラスチックの市場は不透明である。国の方針が決まっていないのも大きな要因の一つであると考え。製品中に使用しなければならない2次プラスチックの量を規定するなど市場を形成するためのルール作りが急務と考える。
	・臭素系難燃剤の取扱いも不透明。バイオマスプラスチック等、リサイクルが困難になると思われる新たなプラスチックが世の中に出回ることを考えるとプラスチックのマテリアルリサイクルはより一層難しくなるのではないかと考える。
	・プラスチックリサイクルは規模感が必要と捉えている。2次プラスチック原料を製造する会社へ1次破碎1次選別した品を供給していく仕組みづくりが必要と考えている。
	・軽ダストの資源化は課題。実証技術で軽ダストの資源化が可能との事であれば興味はある。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(6) 中部ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月29日 10:00～11:45
場 所	京都府
相手先	部長
内 容	1. シュレッダーの処理能力：2,200馬力（処理能力：60t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:5,000t／月
	・産業廃棄物由来:1,000～1,500t／月 金属資源性の高いものを有価物として購入8割以上
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:取り扱い無
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:1,500t／月（自リ法28条再資源化施設）
	・産業廃棄物由来:300t～500t／月
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:—
内 容	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	自動車由来（ASR）については再資源化施設の認定を受けており、金属を取り除いたものをセメント会社に燃料代替としてリサイクルしている。80mmオーバー品からは手選別でプラスチックを回収しマテリアルリサイクル材料としてペレットを製造している会社へ販売している。手選別で回収されるプラスチックの量は概ねASRの1%未満。産業廃棄物由来のシュレッダーダストは現在公共の最終処分場で埋立処分を行っている。処理コストは収集運搬費を含まないで21円/kg。収集運搬費は3～4円/kg。来年後半には公共最終処分場が閉鎖の計画なので現在処理先を探しているが処理コストは収集運搬費を除く処理費で30～35円/kgと10円/kg以上に経費負担の増加が見込まれる。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
内 容	・自動車リサイクル法をはじめシュレッダーダストのリサイクルはセメント会社が支えていると言っても過言ではないと思っている。シュレッダーダストから資源性のあるプラスチックを回収すれば、残りのものは品位が低下し処理困難物となる可能性がある。そうなれば、処理コストが高くなることが懸念される。設備導入にあたっては処理コストの増額を見込んだ事業採算性の検討が重要と考えている。
	・導入する設備としては、「商品づくり」を意識した設備になるものと考えている。脱酸材などのケミカル原料化、塩素コントロールがされたRPF化、ペレットやコンパウンド原料として使えるマテリアル原料化を意識した設備を検討したいと考えている。ただし、2次プラスチック原料の市場は残念ながら整っていない。設備投資にあたっては市場の状況（法規制含め。）も加味する必要がある。
内 容	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(7) 中国・四国ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月8日 10:00～11:45
場 所	岡山県
相手先	所長、部長
内 容	1. シュレッダーの処理能力: 1,500馬力 (処理能力: 30t/時間)
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来: 1,500t/月
	・産業廃棄物由来: 100t/月、有価物由来: 1,700t/月 (金属資源性の高いものを買取)
	・家電リサイクル由来: ー
	・小型家電由来: 100t/月
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来: 約400t/月 (ここ数年、廃自動車の受入台数は減少傾向)
	・産業廃棄物由来 (有価物買取含む): 350t/月
	・家電リサイクル由来: 白物家電のためシュレッダーダストは既に選別されている。
	・小型家電由来: 50t/月
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト 自動車由来については28条認定も検討はしているが、サーマルリカバリーが主体となっている現状を踏まえると、シュレッダーダストの資源化 (リサイクルプラスチックの製造) に注力した方が良いのではないかと考えている。シュレッダーダストは産業廃棄物として主にセメント会社へ焼却・焼成処理をお願いしている。処理コストは運賃込みで25円以下/kgといったところか。地域的に処理委託先が多く存在しているので他地域に比べると安価で処理が出来ていると思っている。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・プラスチックの資源化は急務と捉えており、マテリアルリサイクル志向。 ・技術的課題は「木くず」の選別で、出口戦略的にはウレタンが課題と捉えている。 ・現有施設で既にシュレッダーダストからの有用物回収に着手している。現有施設での課題解決に向けた技術であれば導入の検討もあり得るか。
	【シュレッダーダストの排出状況】 

表 49(8) 中国・四国ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月7日 9:00～11:30
場 所	愛媛県
相手先	代表者
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,250馬力（処理能力：25t／時間） 2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量 ・自動車由来:5,000t／年 ・産業廃棄物由来:金属資源性の高いものを有価物として購入 ・家電リサイクル由来:指定引取場所としての機能のみ ・小型家電由来:5,000t／年 3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量 ・自動車由来:2,800t／年（自リ法28条再資源化施設） ・産業廃棄物由来:4,000t／年 ・家電リサイクル由来:— ・小型家電由来:2,400t／年 4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト 自動車由来については再資源化施設の認定を受けており、約88％が燃料代替、約12％が金属回収されているが再生プラの回収はゼロ。産業廃棄物（有価回収物）由来については平均で約40円/kgの処理コストをかけてサーマルリカバリー、埋立処分、焼却処理を行っている。小型家電由来についても、平均で約30円/kgの処理コストをかけてサーマルリカバリーを行っている。 5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点 ・現有施設は金属回収が主体で設計されておりプラスチックは副産物として捉えている。現有施設ではプラスチックは細かく破碎されるためマテリアル化は難しいと考えている。 ・2次プラスチック原料を製造する会社へ1次破碎1次選別した品を供給していく仕組みを考えている。 ・自動車リサイクル法では再資源化施設と切り替える必要があるため、シュレッダーダストの排出口と連続性を持たせることは出来ないかと。また、ラインを1本化（連続化）することはトラブルが起きた時に融通が利かないデメリットがある。排出口は狭隘のため物理的にも連続性を持たせる改修は難しいかと。 【シュレッダーダストの排出状況】 

表 49(9) 九州ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月16日 10:00～11:15
場 所	福岡県
相手先	代表者、取締役
内 容	1. シュレッダーの処理能力：2,000馬力（処理能力：60t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:30,000t／年
	・産業廃棄物由来:30,000t／年 金属資源性の高いものを有価物として購入
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:取り扱い無
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:10,000t／年(自リ法28条再資源化施設)
	・産業廃棄物由来:10,000t／年
	・家電リサイクル由来:— ※他の事業所で冷蔵庫以外を受け入れて資源化しているが、シュレッダーダストはほとんど出ないとの事。
内 容	・小型家電由来:—
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	自動車由来（ASR）については再資源化施設の認定を受けており、約95%を燃料代替として、約5%を金属として回収し資源化している。産業廃棄物由来（有価物）のシュレッダーダストもASRの再資源化施設にて同様な資源化を行っている。代替燃料として資源化した品はセメント会社へ逆有償で持ち込んでいる。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・カーボンニュートラルの動きやこの度の自動車リサイクル法のプラスチックやガラスの除去に対するインセンティブの導入などを鑑みると、シュレッダーダストからのプラスチック回収も取り組まなければならない課題であると受け止めてはいる。
	・自主的には資源化に向けた取組も行っているが、まだこれと言った技術の発見には至っていないのが現状である。
	・本実証事業を通じて回収されたプラスチックの出口戦略（販売先確保等）が整うようであれば、実証設備の導入を検討する価値はあるかと。事業採算性如何による。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

表 49(10) 九州ブロックヒアリング結果

日 時	2022年12月15日 13:15～15:30
場 所	熊本県
相手先	取締役
内 容	1. シュレッダーの処理能力：1,500馬力（処理能力：14t／時間）
	2. シュレッダー材として受け入れている発生由来別受入量
	・自動車由来:2,600t／月
	・産業廃棄物由来:1,300t／月 金属資源性の高いものを有価物として購入
	・家電リサイクル由来:取り扱い無
	・小型家電由来:取り扱い無
	3. 発生由来別のシュレッダーダスト発生量
	・自動車由来:600t／月（自り法28条再資源化施設）
	・産業廃棄物由来:300t前後／月
	・家電リサイクル由来:—
	・小型家電由来:—
	4. 発生由来別シュレッダーダストの資源化への取組状況と処理コスト
	自動車由来（ASR）については再資源化施設の認定を受けており、約95%が燃料代替、約5%が金属回収されているがプラスチックの回収はほぼゼロ。3つの大きさに選別を行っており、もっと大きなメッシュで選別された品からであればプラスチックを手選別回収することは可能だが事業採算性の目途が立たないのが現状。産業廃棄物（有価回収物）由来のシュレッダーダストについては、ASRの再資源化施設で資源化を行っている。処理コストは収集運搬費を含まないでザックリ15,000円～16,000円/tと言った感じか。
	5. 混合プラスチックの資源化及び実証設備導入に向けた課題や問題点
	・現有施設はセメント会社への石炭代替燃料を最終製品として捉えた設計となっているため、金属を徹底的に資源回収するシステムとなっている。したがって、シュレッダーダスト自体は、ほぼほぼ金属が取り除かれた品となっており、プラスチックリッチ（PP主体で繊維くずやウレタンが混入している）な品になっている。
	・これまでの、処理能力を増やすことに注力してきたが、今後は自動車メーカーも再生プラスチックの利用を進めていかざるを得ないと想像するので、自動車メーカーから頼られるリサイクルプラントに仕立てていく必要があると感じている。
	・本実証事業を通じて回収されたプラスチックの出口戦略（販売先確保等）が整うようであれば、実証設備の導入を検討する価値はあるかと。事業採算性如何による。
	【シュレッダーダストの排出状況】
	

4.4 事業性の評価

4.4.1 事業規模の推計

シュレッダーダストの市場規模については、環境省「平成 28 年マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～低炭素型 3 R 技術・システム実現のための素材別リサイクル戦略マップ案の検討～資料編 参資 1-32 表 3-6 製品分類ごとおよび処理処分項目ごとの内訳の集約結果の数値データ」から推計し算出した。現時点ではコロナ禍の影響やウクライナ問題等により自動車等の廃棄が減少傾向にあると聞いてはいるが、ここでは、将来にわたりシュレッダーダストは安定的に排出されるものとして整理した。

事業規模の推計結果は表 50 に示すとおりである。

本実証事業では非鉄サイクロン下シュレッダーダストが資源化の対象であったが、研究開発を継続し、2025 年までには他のシュレッダーダストへの応用技術の開発に目処をつけ現在の倍以上、年間 20,000t のシュレッダーダストの資源化を目指す。2030 年には後述する「4.4.3 収益性の評価」で算出した限界利益数量（3,000t/年）以上のシュレッダーダストを排出・処分している同業他社を中心に 15 社以上への設備導入を目指し、年間 193,400t のシュレッダーダストの資源化を目指す。

表 50 シュレッダーダストの将来発生量の推計と資源化量の予測

項目	実証終了時	2025年	2030年
シュレッダーダストの市場規模※1 (t/年)	6,190,800	6,190,800	6,190,080
リサイクル素材調達可能量 (t/年) ※2	8,400	20,000	193,400
リサイクル素材調達ルート	鈴木商会	鈴木商会	同業他社15社※3 程度

※1 市場規模の算定は2019年のプラスチック循環利用協会データから推計

※2 2030年の数量は鈴木商会数量をベースとして、同業他社15社に普及した場合の数量を按分した。

※3 日本全国300馬力以上のシュレッダー設置工場（約150カ所）の1割を想定

4.4.2 事業条件の設定

(1) シュレッダーダストの埋立処分コスト

シュレッダーダストの埋立処分コストは本実証事業実施前の現行と同額とし 25 円/kgと埋立処分量は 3,214t/年とした。

(2) 樹脂原料販売価格とリサイクル原料別数量

樹脂原料の販売価格単価については、クルード品では通常の押出成形機での製品化が出来なかったため、「レーザーフィルター押出成型機で作製された製品」（以下「レーザーフィルター製品」と称す。）と「改良原理に手選別を加えたものを用いて通常の押出成形機で作製した製品」（以下「改良原理に手選別を加えた製品」と称す。）の価

格とした。販売価格の設定は、「4.2.1(1)マテリアルリサイクル原料」のヒアリング結果に、リサイクル原料別数量については、「2.1.1(4)実証プラントによる実証試験のまとめ」に基づき設定した。樹種原料販売価格とリサイクル原料別数量の設定は表 51 に示すとおりである。

表 51 樹種原料販売価格とリサイクル原料別発生数量

資源化物	リサイクル用途	レーザーフィルター製品		改良原理に手選別を加えた製品	
		発生数量 (kg)	価格 (kg/円)	発生数量 (kg)	価格 (kg/円)
樹種マテリアル原料原料	雑貨、擬木、車止め他	563	30～40	281 ^{※2}	30～40
	苗箱、パレット、雑貨他 ^{※1}		30～50		30～50
	自動車部品、コンパウンド、パレット、雑貨 ^{※1}	—	—	282 ^{※2}	20～65
樹種ケミカルリサ	ナフサ原料	—	—	—	—
	油化原料	—	—	—	—
石炭代替燃料	電気製錬会社向け	1,358	46	1,358	46
	セメント会社向け		6		8
	製紙会社向け	—	—	—	—
金属	銅 (Cu)	774	100	774	100
廃棄物	埋立処分	2,305	▲25	2,305	▲25

※1ASR限定の用途

※2シュレッダーダストの発生量のうち概ね50%以上がASR由来のため按分した。

(3) 人件費

レーザーフィルター製品の製造にあたっては、オペレーター1人とし、改良原理に手選別を加えた製品の製造にあたってはオペレーター1人と作業員2名の3名とした。

(4) 設備稼働条件と減価償却費

設備の処理能力は設備キャパの3.0t/時間、1日の稼働時間は8時間、年間稼働日数は250日設定とした。また、減価償却費は、設備投資コスト(204,950,000円)を定額法7年と設定し29,278,571円/年とした。

(5) その他

物品費や修繕費、賃借料、輸送費並びに販売費や一般管理費等の諸経費については事業実施前の現行の価格や考え方に従った。

4.4.3 収益性の評価

上述した事業条件の設定を用いて事業収支を算出した。

なお、事業収支の算出は、本事業実施後の「レーザーフィルター製品」と「改良原理に手選別を加えた製品」の2つのケースについて行った。また、各ケースの中で「事業採算が取れるパターン」と「最高利益を得られるパターン」の2つのパターンについて算出を行った。

事業収支の算出結果は表 52(1)～(2)に示すとおりである。

本事業の実施による売上原価は、「レーザーフィルター製品」で 133,201,571 円、「改良原理に手選別を加えた製品」で 137,201,571 円掛かると算出した。

また、本実証技術で資源化できる量は、非鉄サイクロン下シュレッターダスト 5,000t/年あたり、樹種マテリアル原料が 563t/年、石炭代替燃料が 1,358t/年、金属 (Cu) が 774t/年で、残りの 2,305t/年は埋立処分となる。

「事業採算が取れるパターン」を算出した結果、両ケースとも石炭代替燃料の販売先をコントロールすることが重要であることが確認された。「レーザーフィルター製品の場合」は石炭代替燃料の4割を、「改良原理に手選別を加えた製品」の場合は約5割強を電気炉会社に販売することで事業採算が取れることが確認された。

また、両ケースとも売上利益は赤字で資源化だけでは事業化は厳しいが、本事業実施前のシュレッターダストの処分コストが軽減されるため、シュレッターダスト全体の事業として成立させることは可能であることを確認した。

「最高利益のパターン」を算出した結果では、両ケースとも資源化だけで売上利益を黒字化できることを確認した。両ケースとも「事業採算が取れるパターン」と同様に、石炭代替燃料の販売先がインパクトとして大きく働くことに違いはないが、「改良原理に手選別を加えた製品」のケースは樹脂マテリアル原料の高品質化が図られるため、「レーザーフィルター製品」のケースに比べ売上高を約12%向上させることができることを確認した。

また、年間で概ね3,000t以上のシュレッターダストを処理すれば事業採算が取れることも分かった。弊社には石狩事業所以外にもサイクロン下シュレッターダストを有していることから会社としてのポテンシャルの高さも明らかになった。

表 52(1) 事業収支表（レーザーフィルター製品の場合）

項目（単位）	レーザーフィルター製品								備考	
	事業採算パターン				最高利益パターン					
	単価	資源化量	単位	合計	単価	資源化量	単位	合計		
売上高	30,000	563	円/ t	16,890,000	40,000	281	円/t	11,240,000	樹脂マテリアル原料(雑貨用)	
	—	—	円/ t	—	50,000	282	円/t	—	樹脂リサイクル原料（自動車用）	
	46,000	543	円/ t	24,978,000	46,000	1,358	円/t	62,468,000	石炭代替燃料（電気製錬向け）	
	6,000	815	円/t	4,890,000	6,000	0	円/t	0	石炭代替燃料（セメント向け）	
	100,000	774	円/t	77,400,000	100,000	774	円/t	77,400,000	金属(Cu)	
売上高合計	—	2,695	円/t	124,158,000	—	2,695	円/kg	151,108,000		
設備能力	3.0	—	8時間/日	—	3.0	—	8時間/日	—		
設備稼働時間	2,000	—	時間/年	—	2,000	—	時間/年	—		
	8.0	—	時間/日	—	8.0	—	時間/日	—		
	250	—	日/年	—	250	—	日/年	—		
人件費	2,460	1	人円/年	4,920,000	2,460	1	人円/年	4,920,000	オペレーター（実労働時間：2,000時間/年）	
手選別人件費	—	—	—	—	—	—	—	—		
賃借料	1,000,000	12	円/年	12,000,000	1,000,000	12	円/年	12,000,000		
原価償却費	29,278,571	1	円/年	29,278,571	29,278,571	1	円/年	29,278,571	7年定額	
固定費合計				46,198,571	固定費合計				46,198,571	
物品費	3,000,000	1	係数	4,800,000	3,000,000	1	係数	4,800,000		
修繕費	10,000,000	1	係数	10,000,000	10,000,000	1	係数	10,000,000		
電力料金	26	523.5	Kw/ h・年	27,222,000	26	523.5	Kw/ h・年	27,222,000	年間稼働時間：2,000時間	
水道料金	327	30	m/ h・年	19,620,000	327	30	m/ h・年	19,620,000	年間稼働時間：2,000時間	
輸送費 1	18,000	722	円/t	12,996,000	18,000	722	円/t	12,996,000	樹脂リサイクル工場（道外）	
輸送費2	5,000	1,811	円/ t	9,055,000	5,000	1,811	円/ t	9,055,000	燃料受け入れ工場（道内）	
輸送費3	2,000	1,475	円/t	2,950,000	2,000	1,475	円/t	2,950,000	埋立処分場（道内）	
その他経費	360,000	1	式	360,000	360,000	1	式	360,000		
変動費合計				87,003,000	変動費合計				87,003,000	
売上原価合計				133,201,571	売上原価合計				133,201,571	
売上利益				-9,043,571	売上利益				17,906,429	売上高－売上原価
販売費		5	%	6207900		5	%	7555400	売上高の5%	
一般管理費		5	%	6207900		5	%	7555400	売上高の5%	
管理費合計				12,415,800	管理費合計				15,110,800	
その他収入	25,000	3,214	円/t	80,357,000	25,000	3,214	円/t	80,357,000	現行の埋立処分コスト	
埋立処分費	25,000	2,305	円/t	57,625,000	25,000	2,305	円/t	57,625,000		
その他の費用				22,732,000				22,732,000	埋立処分コストの差額	
営業利益				1,272,629	営業利益				25,527,629	
売上利益単価			円/kg				千円/kg			
限界利益			円	59,887,000			千円	86,837,000	売上高＋その他の費用－変動費	
限界利益数量※			t/年	4,866				t/年	3,220	
投資回収期間			年	6.8			年	4.2	法人税率23.2%	

※原価利益数量：5,000t×固定資産合計÷（売上高＋その他収入－変動費合計－管理費合計－埋立処分費）

※原価利益数量：5,000t×固定資産合計÷（売上高＋その他収入－変動費合計－管理費合計－埋立処分費）

表 52(2) 事業収支表（改良原理に手選別を加えた製品の場合）

項目（単位）	改良原理に手選別を加えた製品								備考
	事業採算パターン				最高利益パターン				
	単価	資源化量	単位	合計	単価	資源化量	単位	合計	
売上高	30,000	282	円/t	8,460,000	40,000	281	円/t	11,240,000	樹脂マテリアル原料(雑貨用)
	20,000	281	円/t	5,620,000	65,000	282	円/t	18,330,000	樹脂リサイクル原料（自動車用）
	46,000	747	円/t	34,362,000	46,000	1,358	円/t	62,468,000	石炭代替燃料（電気製錬向け）
	6,000	611	円/t	3,666,000	6,000	0	円/t	0	石炭代替燃料（セメント向け）
	100,000	774	円/t	77,400,000	100,000	774	円/t	77,400,000	金属(Cu)
売上高合計	—	2,695	円/t	129,508,000	—	2,695	円/t	169,438,000	
設備能力	3.0	—	8時間/日	—	3.0	—	8時間/日	—	
設備稼働時間	2,000	—	時間/年	—	2,000	—	時間/年	—	
	8.0	—	時間/日	—	8.0	—	時間/日	—	
	250	—	日/年	—	250	—	日/年	—	
人件費	2,460	1	人円/年	4,920,000	2,460	1	時給/年	4,920,000	オペレーター（実労働時間：2,000時間/年）
手選別人件費	1,000	2	時間円/年	4,000,000	1,000	2	時給/年	4,000,000	2名体制（実労働時間：2,000時間/年）
賃借料	1,000,000	12	円/年	12,000,000	1,000,000	12	円/年	12,000,000	
原価償却費	29,278,571	1	円/年	29,278,571	29,278,571	1	円/年	29,278,571	7年定額
			固定費合計	50,198,571			固定費合計	50,198,571	
物品費	3,000,000	1	係数	4,800,000	3,000,000	1	係数	4,800,000	
修繕費	10,000,000	1	係数	10,000,000	10,000,000	1	係数	10,000,000	
電力料金	26	523.5 Kw/ h・年		27,222,000	26	523.5 Kw/ h・年		27,222,000	年間稼働時間：2,000時間
水道料金	327	30 m³/h・年		19,620,000	327	30 m³/h・年		19,620,000	年間稼働時間：2,000時間
輸送費 1	18,000	722	円/t	12,996,000	18,000	722	円/t	12,996,000	樹脂リサイクル工場（道外）
輸送費2	5,000	1,811	円/ t	9,055,000	5,000	1,811	円/ t	9,055,000	燃料受け入れ工場（道内）
輸送費3	2,000	1,475	円/t	2,950,000	2,000	1,475	円/t	2,950,000	埋立処分場（道内）
その他経費	360,000	1	式	360,000	360,000	1	式	360,000	
			変動費合計	87,003,000			変動費合計	87,003,000	
			売上原価合計	137,201,571			売上原価合計	137,201,571	
			売上利益	-7,693,571			売上利益	32,236,429	売上高－売上原価
販売費		5	%	6,475,400		5	%	8,471,900	売上高の5%
一般管理費		5	%	6,475,400		5	%	8,471,900	売上高の5%
			管理費合計	12,950,800			管理費合計	16,943,800	
その他収入	25,000	3,214	円/t	80,357,000	25,000	3,214	円/t	80,357,000	現行の埋立処分コスト
埋立処分費	25,000	2,305	円/t	57,625,000	25,000	2,305	円/t	57,625,000	
その他の費用				22,732,000				22,732,000	埋立処分コストの差額
			営業利益	2,087,629			営業利益	38,024,629	
売上利益単価			円/t				円/t		営業利益÷売上高資源化量
限界利益			円	65,237,000			円	105,167,000	売上高＋その他の費用－変動費
限界利益数量※			t/年	4,800			t/年	2,845	
投資回収期間			年	6.6			年	3.5	法人税率23.2%

※原価利益数量：5,000t×固定資産合計÷（売上高＋その他収入－変動費合計－管理費合計－埋立処分費）

Ⅲ. おわりに

本実証事業を通じて、改良原理に基づく比重 1.2 の重液を用いた事前選別が有効な資源化技術の一つになり得ることが確認され、かつある一定以上（概ね 3000t/年）のシュレッダーダストを処理する場合は経済合理性が確保できることを確認できたことは大きな成果と考える。

また、本実証事業で検証した改良原理による選別技術に手選別を付加することで、「より品位の高い」、「より再利用されやすい」、「より市場を大きくできる」2 次プラスチック原料を製造できる可能性を見出したことも大きな成果と考える。

今後の展開としては、2025 年までに本実証事業で明らかにできた下記の課題をひとつずつ解決し社会実装に繋げていく所存である。

本実証事業で得られた知見を踏まえ、海洋プラスチックをはじめとする廃プラスチック問題の解決に努めるとともに「2050 年カーボンニュートラル」や「循環型社会形成」の一助に成るべく、シュレッダーダストの資源化に努めていくとともに、微力ではあるが、最終処分場の延命、化石燃料及び天然資源の使用量削減、家電リサイクル法の洗濯機から回収された塩水の活用等、環境改善にも貢献していく所存である。

【本実証事業で明らかになった課題】

- トロンメル洗浄機と比重 1.2 重液選別装置の改良
- 比重 1.0 選別装置の機械化
- 比重 1.0 に浮上したプラスチック類の組成分析
- 比重 1.0 に沈降したプラスチック類の組成分析
- 比重 1.0 に沈降したプラスチック類のケミカルリサイクル実証試験
- 比重 1.2 に沈降した雑多物の組成分析と有用金属の回収方法の検討

【今後取り組む課題】

- 「適正な乾式選別」の自動化
- 非鉄サイクロン下シュレッダーダスト以外のシュレッダーダストへの応用
- 10 mm アンダーからのプラスチック選別方法の検討

参考資料

- 参考資料 1 マテリアルプラスチック原料の物性値の考え方
- 参考資料 2 製品用途別の物性値の必要性
- 参考資料 3 レーザーフィルター押出成型機により製品化されたプラスチックの物性評価
- 参考資料 4 押出成型機による製品化された手選別を加えたプラスチックの物性特性
- 参考資料 5 ケミカルリサイクル用分析データ
- 参考資料 6 各工程の熱量とハロゲン分析データ
- 参考資料 7 リサイクル残渣の資源性
- 参考資料 8 環境省「平成 28 年マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～低炭素型 3R 技術・システム実現のための素材別リサイクル戦略マップ案の検討～資料編 参資 1-32 表 3-6 製品分類ごとおよび処理処分項目ごとの内訳の集約結果の数値データ」

参考資料1 マテリアルプラスチック原料の物性値の考え方

MFR	成形性に大きく影響を及ぼす項目、一般的に大きな製品は数値が高く、容器・シートなどは低い
シャルピー	インパクト（瞬間）のエネルギー値。高いと折れにくい・低いと折れやすい。
引張降伏強さ	力を加え解き放った時に戻る強度。数値が大きいと硬・低いと柔らか。
引張破壊ひずみ	ひっぱたき際に、どれくらい伸びるか。数値が大きいとよく伸びる。
引張弾性率	剛性（硬さ）
曲げ強度	剛性（硬さ）
曲げ弾性率	
ロクウェル硬さ	他の物性に着眼することが多いのであくまで参考値。数値が高いと固い・低いと柔らかい。
荷重たわみ温度	樹脂の耐える温度。数値が高いと熱に強い・低いと弱い。
比重	比重が重くなると数値が上がる・軽くなると下がる → 曲げ弾性率に影響が出る比重が高いと数値が高くなる

参考資料2 製品用途別の物性値の必要性

用途 物性値	一般製品									家電	自動車			
	雑貨	パレット	パレット向けコンパウンド材の増量材	容リパレット代替材	擬木	車止め	杭	雨水貯留槽	雨水貯留槽向けコンパウンド材の増量材	MFR向上し家電向けコンパウンド材の増量材	シートバック材への配合30%程度	エンジンルーム内部品への増量材	内装部品で非外観部品類	MFR向上しトラックルーム仕切り板素材
マルチレート	△	△	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
シャルピー衝撃強さ	△	△	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
引張降伏強さ	○	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
引張破壊ひずみ	○	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
引張弾性率	○	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
曲げ強度	○	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
曲げ弾性率	○	○	○	○	○	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎
ロッキング硬さ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
荷重たわみ温度	△	△	△	△	△	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
比重	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	■	■	■	■
製品での重要なポイント	①安価であること②成形性が高いこと③比重は重くない事							①安価②成形性③剛性が高いもの（曲げ弾性）		①安価②成形性③外観	①安価②性能に合わせた物性③外観④その他要求品質は高い			

凡例

数値が高いのが重要な場合◎ 数値が高い必要がある場合○ 数値が一応高い必要がある場合△

比重が軽いほうが有利□ 比重が重いほうがいい■ 数値はほとんど参考にしない場合－

参考資料 3 レーザーフィルター押出成型機により製品化されたプラスチックの物性評価

試験項目	試験条件	単 位	試験方法	4種混合材 レーザーフィルター加工品	ASR-PP材 レーザーフィルター加工品
メルトフローレート	230℃、21N	g/10mim	ISO 1133	7.21	12.6
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	KJ/m2	ISO 179-1	15	21
引張降伏強さ		MPa	ISO 527-1	19.4	19.1
引張破壊ひずみ		%	ISO 527-1	21	15
引張弾性率		MPa	ISO 527-1	927	1140
曲げ強度		MPa	ISO 178	22.6	25.4
曲げ弾性率		MPa	ISO 178	877	1120
ロックウェル硬さ	Rスケール	-	ISO 2039-2	59	67
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	74	84
比重	水中置換法	-	ISO 1183	0.94	0.94
蛍光X線		ppm	Cd	6.6	ND
			Pb	24.2	5.5
			総Cr	12.7	24.7
			Hg	ND	ND
			総Br	502.4	34.9
			追加分：Cl	1341.5	543.7

参考資料 4 押出成形機による製品化された手選別を加えたプラスチックの物性特性

試験項目	試験条件	単 位	試験方法	Aサンプル (ASR) φ12mm	Bサンプル (ASR) φ15mm	Cサンプル (ASR) φ20mm
メルトフローレート	230°C、21N	g/10mim	ISO 1133	11.7	10.6	10.8
シャルピー衝撃強さ	23°C、ノッチ付	KJ/m2	ISO 179-1	14	21	32
引張降伏強さ		MPa	ISO 527-1	20.8	20.5	19.3
引張破壊ひずみ		%	ISO 527-1	11	19	19
引張弾性率		MPa	ISO 527-1	1160	1240	1130
曲げ強度		MPa	ISO 178	26.9	26.9	24.5
曲げ弾性率		MPa	ISO 178	1190	1240	1110
ロッキング硬さ	Rスケール	-	ISO 2039-2	71	68	63
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	ISO 75-1	87	87	85
比重	水中置換法	-	ISO 1183	0.93	0.94	0.94
蛍光X線		ppm	Cd	ND	ND	ND
			Pb	3.5	ND	ND
			総Cr	16.3	13.1	21.3
			Hg	ND	ND	ND
			総Br	6.1	60.8	35.5
			追加分：Cl	1604.3	1293.8	1582.8

【ケミカルリサイクル用分析データ】

1回目提出サンプル

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析 (廃プラ材の組成定性・定量) [冷凍粉碎]

1. 分析試験の目的・内容

環境省令和 4 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業採択し、廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析を行う。本報告書では、前処理の試料の均一化処理（冷凍粉碎）について報告する。

2. 試料

- 1、ASR 選別プラ（A-1、A-2A-3）
- 2、SR 選別プラ（S-1 S-2、S-3）
- 3、小型家電選別プラ（KO-1、KO-2、KO-3）
- 4、家電選別プラ（KA-1、KA-2、KA-3）

計 12 検体

3. 方法

各分析に供する試料の前処理として、組成均一化を目的とした冷凍粉碎処理を実施した。
送付試料をポリ袋内でハンドブレンドし、15g 程度を任意採取した。
採取した 15g を冷凍粉碎で均一化（粗粉碎）後、さらに細かく均一にするため数 g を冷凍粉碎（再粉碎）し測定試料とした。

4. 結果

冷凍粉碎後の試料を用いて、NMR、IR、XRF、灰分を実施した。

結果は、各報告書参照。

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[NMR]

1. 分析試験の目的・内容

環境省令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業採択し、廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析を行う。

本報告書では、NMRによる樹脂の組成割合について報告する。

2. 試料

- 1、ASR 選別プラ (A-1、A-2A-3)
- 2、SR 選別プラ (S-1 S-2, S-3)
- 3、小型家電選別プラ (KO-1、KO-2、KO-3)
- 4、家電選別プラ (KA-1、KA-2、KA-3)

計 12 検体

3. 方法

試料約 20mg をテトラクロロエタンに加熱溶解し、¹H-NMR 測定の内部標準法により可溶分の成分組成を算出した。

装置: 日本電子製 ECZ-400S 型 核磁気共鳴装置

測定核: ¹H

設定温度: 120° C

測定溶媒: 重水素化テトラクロロエタン(化学シフト値: 5.91ppm)

内部標準物質: ポリジメチルシロキサン

4. 結果

NMR 測定試料の ¹H-NMR スペクトルを図 1~12 に、¹H-NMR (内部標準法) より算出した NMR 測定試料の成分組成を表 1 に示した。

¹H-NMR スペクトルより、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、スチレンユニット (St)、1,4-付加ブタジエンユニット (1,4-BD)、ポリエチレンテレフタレート(PET: テレフタル酸ユニット (TA)、エチレングリコールユニット(EG))由来のシグナルが観測された。

3~4.5ppm 付近領域は、ポリ塩化ビニル(PVC)およびポリ塩化ビニリデン (PVDC)等が観測される領域であるが、その他の成分も検出される領域であり、これらを区別して積分できないことから、この領域に検出されているシグナルを PVC 由来として取り扱った。

測定試料量が約 20mg と少ないこと、加熱溶解後、目視で不溶解分が見られることなどから、分解が悪くシグナルの分離が明確でないこと等より、組成割合は誤差を含む結果である。

NMR 結果での不溶解成分は、測定溶媒の重水素化テトラクロロエタンに不溶のものであり、無

機物、セルロース、ポリアミド(ナイロン等)等が含まれる。

なお、不溶解成分量は次式にて算出した。

不溶解成分量(wt%)=100-(¹H-NMR で算出されたプラスチック総量)

試料名	成分組成 (wt%) ^(注1)						
	PE	PP	St ユニット	BD ユニット	PET	PVC ^(注2)	不溶解 成分
A-1	22	69	<1	<1	<1	1	8
A-2	23	69	<1	<1	<1	<1	8
A-3	22	68	<1	<1	<1	<1	9
S-1	39	56	<1	<1	<1	<1	4
S-2	45	49	<1	<1	<1	1	5
S-3	44	50	<1	<1	<1	1	5
KO-1	15	79	2	<1	<1	<1	3
KO-2	23	71	1	<1	<1	1	4
KO-3	21	73	3	<1	<1	<1	2
KA-1	20	65	6	<1	<1	<1	8
KA-2	24	46	11	1	<1	1	18
KA-3	18	52	18	1	<1	2	10

(注1) 値は各成分組成値の小数点以下を四捨五入した結果を記載。

(注2) 3.0~4.5 ppm 領域を PVC 由来と仮定して求めた値。

参考資料 5 (3)

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[IR 分析]

1. 目的

環境省令和 4 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業採択し、
廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析を実施する。
本報告書では IR 分析結果について報告する。

2. 試料

- 1、ASR 選別プラ(A-1～A-3)
- 2、SR 選別プラ(S-1～S-3)
- 3、小型家電選別プラ (KO-1～KO-3)
- 4、家電選別プラ (KA-1～KA3)

計 12 点

3.分析項目・FT-IR 測定

廃プラスチックの定性分析

詳細は「6. 実験」参照

4. まとめ各試料の IR 分析結果を表 1 にまとめた。

表 1 IR 分析結果

試料名		推定される樹脂種	推定される無機物、その他成分
①ASR 選別プラ	A-1	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
	A-2	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
	A-3	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
②SR 選別プラ	S-1	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
	S-2	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
	S-3	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
③小型家電 選別プラ	KO-1	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)、ベンゼン環(詳細不明)
	KO-2	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)、ベンゼン環(詳細不明)
	KO-3	・PP ・PE	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)、ベンゼン環(詳細不明)
④家電 選別プラ	KA-1	・PP ・PE ・ABS 樹脂や AS 樹脂の可能性あり	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)
	KA-2	・PP ・PE ・ABS 樹脂や AS 樹脂の可能性あり	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明) ・ポリジメチルシロキサンを含む可能性あり
	KA-3	・PP ・PE ・ABS 樹脂や AS 樹脂の可能性あり	・タルク、炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明)

5. 結果

①ASR 選別プラ(A-1～A-3)

IR スペクトル(図 1-1 ～図 1-3) から、PP 由来ピーク (1167cm⁻¹、1,973cm⁻¹、1,900cm⁻¹、1841cm⁻¹、1810cm⁻¹)

付資料 1)および PE 由来ピーク (730cm⁻¹、1,720cm⁻¹、添付資料 2)が認められた。また、タルク由来ピーク(図中※印、添付資料 3)および炭酸カルシウム由来ピーク (図中印、添付資料 4)が認められた。なお、エステル由来ピーク (1740cm⁻¹)が認められたが、詳細な解析にはいたらなかった。

②SR 選別プラ(S-1～S-3)

IR スペクトル(図 2-1～図 2-3)から、PP 由来ピークおよび PE 由来ピークが認められた。また、タルク由来ピークおよび炭酸カルシウム由来ピークが認められた。なお、エステル由来ピークが認められたが、詳細な解析にはいたらなかった。

③小型家電選別プラ (KO-1 ～ KO-3)

IR スペクトル(図 3-1～図 3-3) から、PP 由来ピークおよび PE 由来ピークが認められた。また、タルク由来ピークおよび炭酸カルシウム由来ピークが認められた。なお、エステル由来ピークおよびベンゼン環由来ピーク(図中△印)が認められたが、詳細な解析にはいたらなかった。

④家電選別プラ (KA-1～KA-3)

IR スペクトル(図 4-1～図 4-3) から、PP 由来ピークおよび PE 由来ピークが認められた。また、ニトリル基由来ピーク(2240cm^{-1})およびベンゼン環由来ピークが認められ、AS 樹脂(添付資料 5) や ABS 樹脂(添付資料 6)の可能性がある。加えて、KA-2 については 1260cm^{-1} $1,800\text{cm}^{-1}$ にピークが認められており、ポリジメチルシロキサン(添付資料 7)が含まれる可能性がある。また、タルク由来ピークおよび炭酸カルシウム由来ピークが認められた。なお、エステル由来ピークが認められたが、詳細な解析にはいたらなかった。

6. 実験

試料のプレスフィルムを作製し、FT-IR/透過法で測定した。

測定装置:FT/IR-4100 (日本分光製 FT-IR)

測定方法:FT-IR/透過法/プレスフィルム

プレス条件: $180^{\circ}\text{C} \times 3\text{min}$

分解能: 4cm^{-1}

積算回数:16 回

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[XRF 分析]

1. 目的

環境省令和 4 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業採
択し、廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析をする。
本報告書では XRF による元素分析の結果について報告する。

2. 試料

- 1、ASR 選別プラ(A1～A3)
- 2、SR 選別プラ (S1～S3)
- 3、小型家電選別プラ (KO1～KO3)
- 4、家電選別プラ(KA1～KA3)

計 12 検体

3. 実験

試料を凍結粉碎して錠剤成型し、サンプルホルダーに取り付けて測定した。測定に用いた
装置及び測定条件は以下の通りである。

分析方法:波長分散型 X R F

装 置:リガク製 ZSXPrimusI V

X 線管球:Rh

絞り:1 0 mmφ

測定雰囲気:真空

4. 結果

XRF 測定結果(定性分析チャート)を図 1～12 に示す。測定結果から FP 法により半定量解析し
た分析結果一覧として表 1 に示し、各試料の分析結果を表 2～13 に示す。全検出元素を 100%と
し、各元素の質量%を示した。

表1-1 分析結果一覧(試料No.1~2)

[単位:mass%]

元素	①ASR選別プラ			②SR選別プラ		
	A-1	A-2	A-3	S-1	S-2	S-3
C	88.8984	89.9458	89.6206	95.6595	95.4084	95.9425
O	6.9746	6.6847	6.4626	2.9811	2.9818	2.5658
Na	-	-	-	0.0108	-	0.0088
Mg	1.1969	1.0369	1.0760	0.0886	0.1510	0.1052
Al	0.0377	0.0719	0.1235	0.0689	0.1034	0.0919
Si	1.8333	1.5451	1.8121	0.1568	0.2456	0.2275
P	0.0078	0.0076	0.0081	0.0043	0.0049	0.0054
S	0.0737	0.0366	0.0579	0.0464	0.0523	0.0401
Cl	0.1585	0.0378	0.0599	0.1433	0.1929	0.0788
K	0.0032	0.0043	0.0102	0.0033	0.0043	0.0051
Ca	0.4626	0.3231	0.3905	0.4947	0.5196	0.5771
Ti	0.2291	0.2038	0.2511	0.2303	0.2237	0.2330
Cr	0.0072	0.0059	-	-	-	-
Fe	0.0621	0.0605	0.0604	0.0403	0.0426	0.0419
Ni	-	-	-	-	-	-
Cu	0.0029	0.0024	0.0017	0.0018	0.0030	0.0020
Zn	0.0518	0.0336	0.0637	0.0398	0.0629	0.0453
Br	-	-	0.0018	0.0257	0.0034	0.0269
Sr	-	-	-	-	-	-
Sb	-	-	-	0.0043	-	0.0028
Ba	-	-	-	-	-	-

- : 検出されず

XRF分析は特性上、軽元素(B、C、N、O)の感度が低いことや他元素の影響を受けるために、試料の状態(構成元素、分散状態等)によっては定量精度が低くなることもあるため、本分析結果は参考値としての扱いを推奨する。

表1-2 分析結果一覧(試料No.3~4)

[単位:mass%]

元素	③ 小型家電選別プラ			④ 家電選別プラ		
	KO-1	KO-2	KO-3	KA-1	KA-2	KA-3
C	96.5901	94.4819	96.0823	93.3574	90.7299	90.6648
O	1.7985	3.8163	2.6085	4.2288	5.6930	6.7017
Na	0.0098	0.0062	—	—	—	—
Mg	0.1388	0.1304	0.0822	0.2977	0.3654	0.3476
Al	0.0463	0.1336	0.0583	0.0520	0.0875	0.1096
Si	0.2132	0.3800	0.1726	0.7579	1.3199	1.0353
P	0.0053	0.0045	0.0058	0.0111	0.0206	0.0111
S	0.0705	0.0508	0.0592	0.0881	0.1622	0.0960
Cl	0.0704	0.1540	0.0400	0.1155	0.2337	0.0757
K	0.0038	0.0057	0.0024	—	0.0056	0.0032
Ca	0.3576	0.3587	0.2380	0.4128	0.4466	0.3689
Ti	0.4246	0.3328	0.3700	0.2355	0.3767	0.2009
Cr	—	—	—	—	—	0.0058
Fe	0.0241	0.0271	0.0158	0.0263	0.0393	0.0330
Ni	0.0015	—	0.0028	0.0033	0.0026	0.0031
Cu	0.0016	0.0016	—	—	0.0047	0.0014
Zn	0.0283	0.0476	0.0212	0.1939	0.3361	0.1764
Br	0.0662	0.0186	0.0294	0.1445	0.1073	0.0993
Sr	0.0015	—	0.0013	0.0009	—	—
Sb	0.0078	0.0020	0.0039	0.0193	0.0152	0.0112
Ba	0.1399	0.0481	0.2062	0.0548	0.0537	0.0548

— : 検出されず

XRF分析は特性上、軽元素(B、C、N、O)の感度が低いことや他元素の影響を受けるために、試料の状態(構成元素、分散状態等)によっては定量精度が低くなることもあるため、本分析結果は参考値としての扱いを推奨する。

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析 (廃プラ材の組成定性・定量)

1 分析試験の目的・内容

環境省令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業採択し、廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。
本報告書では灰分の定量分析結果について報告する。

2. 試料

- (1) A-1
- (2) A-2
- (3) A-3
- (4) S-1
- (5) S-2
- (6) S-3
- (7) KO-1
- (8) KO-2
- (9) KO-3
- (10) KA-1
- (11) KA-2
- (12) KA-3
- 計 12 検体

3. 方法

試料を 600° C 設定の電気炉にて灰化した。
灰化前後の重量比から灰分を算出した。

4. 結果

試料の定量分析結果を表 1 に示した。

表 1 試料の定量分析結果

単位:wt%

試料	灰分
A-1	6.1
A-2	6.0
A-3	6.2
S-1	2.0
S-2	2.3
S-3	2.4
KO-1	2.2
KO-2	2.2
KO-3	1.9
KA-1	3.3
KA-2	4.8
KA-3	4.1

・値の上から 3 桁目を JIS Z8401 規則 A に準じ丸めた 2 桁を報告値とする。

再選別提出サンプル

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析 (廃プラ材の組成定性・定量) [冷凍粉碎]

1. 分析試験の目的・内容

廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。本報告書では、前処理の試料の均一化処理（冷凍粉碎）について報告する。

2. 試料

A サンプル 計 1 検体

3. 方法

各分析に供する試料の前処理として、組成均一化を目的とした冷凍粉碎処理を実施した。
送付試料をポリ袋内でハンドブレンドし、15g 程度を任意採取した。
採取した 15g を冷凍粉碎で均一化（粗粉碎）後、さらに細かく均一にするため数 g を冷凍粉碎（再粉碎）した。

4. 結果

冷凍粉碎後の試料を用いて、NMR、IR、XRF、灰分、微量窒素分析を実施した。

結果は、各報告書参照。

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[NMR]

1. 分析試験の目的・内容

廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。
本報告書では、NMR による樹脂の組成割合について報告する。

2. 試料

A サンプル 計 1 検体

3. 方法

試料約 20mg をテトラクロロエタンに加熱溶解し、¹H-NMR 測定の内部標準法により可溶分の成分組成を算出した。

装置：

日本電子製 ECZ-400S 型 核磁気共鳴装置

測定核:¹H

設定温度:120° C

測定溶媒：重水素化テトラクロロエタン（化学シフト値:5.91ppm）

内部標準物質:ポリジメチルシロキサン

4. 結果

NMR 測定試料の ¹H-NMR スペクトルを図 1 に、¹H-NMR (内部標準法) より算出した NMR 測定試料の成分組成を表 1 に示した。

¹H-NMR スペクトルより、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、スチレンユニット (St)、1,4-付 カブタジエンユニット(1,4-BD)、ポリエチレンテレフタレート(PET: テレフタル酸ユニット (TA)、エチレングリコールユニット (EG)) 由来のシグナルが観測された。

4.2～4.5ppm はポリ塩化ビニル(PVC) 由来のシグナルである。しかし、PVC 以外にもポリ塩化ビニリデン(PVDC) やその他の成分が検出される領域であり、これらを区別して積分できないことから 3～4.5ppm 領域を PVC 由来として取り扱った。

7.4～7.7ppm 付近には、フタル酸エステル系と思われる芳香族プロトンを検出した。PVC が検出していることより、PVC 中の可塑剤と思われるが、構造決定が出来ないことと微量であることより算出は行わなかった。

測定試料量が約 20mg と少ないこと、加熱溶解後、目視で不溶解分が見られることなどから、組成割合は誤差を含む結果である。

NMR 結果での不溶解成分は、測定溶媒の重水素化テトラクロロエタンに不溶のものであり、無機物、セルロース、ポリアミド(ナイロン等)等が含まれる。

なお、不溶解成分量は次式にて算出した。

不溶解成分量 (wt%)=100-(¹H-NMR で算出されたプラスチック総量)

表 1 ¹H-NMR(内部標準法)より算出した試料の成分組成

試料名	成分組成 (wt%) ^(注 1)						
	PE	PP	St ユニット	BD ユニット	PET	PVC ^(注 2)	不溶解 成分
A サンプル	23	70	<1	<1	<1	1	6

(注 1) 値は各成分組成値の小数点以下を四捨五入した結果を記載。

(注 2) 3.0～4.5 ppm 領域を PVC 由来と仮定して求めた値。

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[IR 分析]

1. 目的

プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。報告書では IR 分析結果について報告する。

2. 試料

A サンプル 計 1 点

3. 分析項目

・FT-IR 測定 ・廃プラスチックの定性分析

詳細は「6. 実験」参照

4. まとめ

試料の IR 分析結果を表 1 にまとめた。

表1 IR 分析結果

試料名	推定される樹脂種	推定される無機物、その他成分
A サンプル	・PP ・PE	・タルク ・炭酸カルシウム ・エステル(詳細不明) ・ベンゼン環(詳細不明)

5. 結果

A サンプル

IR スペクトル(図 1)から、PP 由来ピーク (1167cm^{-1} , 973cm^{-1} , 900cm^{-1} , 841cm^{-1} , 810cm^{-1} 添付資料 1) および PE 由来ピーク (730cm^{-1} , 720cm^{-1} , 添付資料 2) が認められた。また、タルク由来ピーク(図中 ※印、添付資料 3) および炭酸カルシウム由来ピーク (図中 印、添付資料 4) が認められた。なお、エステル由来ピーク (170cm^{-1}) およびベンゼン環由来ピーク (図中 △印) が認められたが、詳細な解析にはいたらなかった。

6. 実験

試料のプレスフィルムを作製し、FT-IR/透過法で測定した。

測定装置 FT/IR-4100 (日本分光製 FT-IR)

測定方法 FT-IR/透過法/プレスフィルム

プレス条件	180° C × 3min
分解能	4cm ⁻¹
積算回数	16 回

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[XRF 分析]

1. 目的

廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。
本報告書では XRF による元素分析の結果について報告する。

2. 試料

① A サンプル 計 1 検体

3. 実験

凍結粉碎された試料を錠剤成型し、サンプルホルダーに取り付けて測定した。測定に用いた装置及び測定条件は以下の通りである。

分析方法	波長分散型 XRF
装置	リガク製 ZSX Primus IV
X 線管球	Rh
絞り	10mm φ
測定雰囲気	真空

4. 結果

XRF 測定結果(定性分析チャート)を図 1 に示す。測定結果から FP 法により半定量解析した分析結果を表 1 に示す。全検出元素を 100%とし、各元素の質量%を示した。

分析結果

成分	分析値	単位	分析線	X線強度
C	93.2419	mass%	C -KA	20.8897
O	3.8892	mass%	O -KA	0.0477
Si	1.3227	mass%	Si-KA	10.4835
Mg	0.7889	mass%	Mg-KA	1.2921
Ti	0.2413	mass%	Ti-KA	1.3198
Cl	0.1810	mass%	Cl-KA	0.8522
Ca	0.1374	mass%	Ca-KA	2.3386
Al	0.0644	mass%	Al-KA	0.5298
Fe	0.0641	mass%	Fe-KA	2.4217
Na	0.0237	mass%	Na-KA	0.0118
S	0.0157	mass%	S -KA	0.2677
Zn	0.0120	mass%	Zn-KA	1.5879
Cr	0.0071	mass%	Cr-KA	0.1096
P	0.0068	mass%	P -KA	0.1228
K	0.0039	mass%	K -KA	0.0612

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析 (廃プラ材の組成定性・定量)

1. 分析試験の目的・内容

廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切かの確認評価分析。本報告書では灰分の定量分析結果について報告する。

2. 試料

(1) A サンプル

3. 方法

試料を 600° C 設定の電気炉にて灰化した。灰化前後の重量比から灰分を算出した。

4. 結果

試料の定量分析結果を表 1 に示した。

表 1 試料の定量分析結果

単位: wt%

試料	灰分
A サンプル	4.6

・値の上から 3 桁目を JIS Z8401 規則 A に準じ丸めた 2 桁を報告値とする。

選別廃プラのケミカルリサイクル評価分析
(廃プラ材の組成定性・定量)
[微量窒素分析]

1. 分析試験の目的・内容

(微量窒素分析)

廃プラの選別方法がケミカルリサイクル原料として適切か確認するため、全窒素量を測定する。

2. 試料

A サンプル 計 1 試料

3. 方法

試料中の N を化学発光法にて定量した。

【使用機器・条件】

微量全窒素分析装置: TN-2100H (三菱化学アナリテック製)

4. 結果

定量分析結果を表 1 に示す。

表 1 定量分析結果 (単位: $\mu\text{g/g}$)

試料名	N
A サンプル	670

参考資料 6 各工程の熱量とハロゲン分析データ

1.目的

本業務は、プラスチックを主体とした各種シュレッダーダストについて JISZ7302 廃棄物固 形化燃料に準じた燃料特性を把握する試験を行う。

2. 試料

試料は、自動車破碎残渣(ASR)、廃 5 金属等破碎残渣(SR)、家電、小型家電(小家電)を由来とする母材や比重分離品である。

表 1 に試料名称一覧を示す。図 1 に試料外観の一例を示す。

表1 試料名称一覧

受領日	試料名称	
2022/11/28	ASR	母材
		比重1.2浮上品
		比重1.2沈降品
2022/11/28	SR	母材
		比重1.2浮上品
		比重1.2沈降品
2022/11/28	家電	母材
		比重1.2浮上品
		比重1.2沈降品
2022/11/28	小家電	母材
		比重1.2浮上品
		比重1.2沈降品
2022/12/7	ASR	①母材
		②母材
2022/12/7	SR	①母材
		②母材
2022/12/7	家電	①母材
		②母材
2022/12/7	小家電	①母材
		②母材

ASR	 母材	 比重1.2浮上品	 比重1.2沈降品
SR	 母材	 比重1.2浮上品	 比重1.2沈降品
家電	 母材	 比重1.2浮上品	 比重1.2沈降品
小家電	 母材	 比重1.2浮上品	 比重1.2沈降品

図1 試料外観の一例

3. 試験内容

3.1 試料調製

試料全量より金属（鉄、非鉄）を手選別し、これを除いた試料を試験対象とした。さらに、各試料のハーネスを分類し、ハーネス及びこれを除いた試料をカッティングミル等で8mm以下に粗粉碎した。

ハーネスは、被覆に利用されている塩化ビニルに評価項目の塩素分を多く含む。分析に供するハーネスの混入割合について、試料採取時の状況を再現するため、試料採取場所のハーネスの混入割合(依頼者提供)にて、粗粉碎したハーネス及びハーネスを除いた試料を混合した。これをディスクミルにて微粉碎して分析に供した。

表2にハーネスの混入割合を示す。図2に試料調製のフローを示す。

表2 ハーネス混入割合

試料区分	ハーネス混入割合
ASR	4%
SR	4%
家電	5%
小家電	5%

%は質量百分率

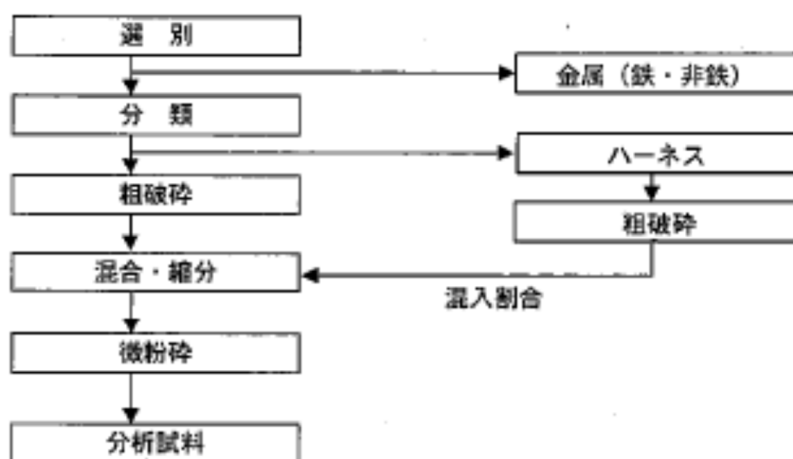


図2 試料調製フロー

3.2 分析項目 分析項目を表 3 に示す。

表3 分析項目

分析項目	分析方法	定量下限値 および単位
全塩素分	JIS Z 7302-6 10.1及び11.2 燃焼-イオンクロマトグラフ法 (Cl換算)	0.01 %
フッ素	燃焼-イオンクロマトグラフ法 (F換算)	0.01 %
臭素	1000°C燃焼-イオンクロマトグラフ法 (Br換算)	0.01 %
硫黄分	JIS Z 7302-7 10.1 燃焼管式空気法-イオンクロマトグラフ法 (S換算)	0.01 %
総発熱量	JIS Z 7302-2 断熱熱量計による測定	50 kJ/kg

%は質量百分率

4. 試験結果 試験結果表 4 に示す。

表4 試験結果

分析項目 試料名称		全塩素分	フッ素	臭素	硫黄分	総発熱量
		%	%	%	%	kJ/kg
ASR	母材	0.08				
	比重1.2浮上品	0.07	<0.01	<0.01	0.11	39700
	比重1.2沈降品	4.65				
SR	母材	2.11				
	比重1.2浮上品	5.76	0.10	0.09	0.11	37000
	比重1.2沈降品	13.9				
家電	母材	1.77				
	比重1.2浮上品	0.04	0.78	0.12	0.02	36300
	比重1.2沈降品	0.35				
小家電	母材	0.03				
	比重1.2浮上品	0.05	0.01	0.37	0.07	40000
	比重1.2沈降品	4.42				
ASR	①母材	0.18				
	②母材	1.03				
SR	①母材	0.56				
	②母材	0.29				
家電	①母材	0.11				
	②母材	0.12				
小家電	①母材	0.06				
	②母材	2.92				

%は質量百分率(風乾状態における分析値)
kJ/kgは乾燥固形物当たりの分析値

目次

1. 評価資料、分析内容
2. 分析内容詳細
 - 1) 燃料性の評価
 - 2) 資源性の評価
 - 3) 溶融性の評価
3. 分析評価結果
 - 1) 燃料性の評価(水槽1.2下)
 - 2) 燃料性の評価(水槽1.0下)
 - 3) 資源性の評価(水槽1.2下)
4. 溶融性評価結果(水槽1.2下)
 - 1) 溶流度試験結果
 - 2) 塩素の挙動についての試算
5. まとめ

1. 評価試料・分析内容

各試料について燃料性を分析評価した。
また、水槽1.2下の各試料については、金属類も含まれているため、資源性の観点から分析評価も行った。

	試料名	量	検体数	分析内容	
1)	水槽1.2下 ASR	5kg/検体	1	燃料性	資源性
2)	水槽1.2下 SR	5kg/検体	3	燃料性	資源性
3)	水槽1.2下 家電	5kg/検体	1	燃料性	資源性
4)	水槽1.2下 小型家電	5kg/検体	1	燃料性	資源性
5)	水槽1.0下 ASR	5kg/検体	3	燃料性	－
6)	水槽1.0下 SR	5kg/検体	3	燃料性	－
7)	水槽1.0下 家電	5kg/検体	3	燃料性	－
8)	水槽1.0下 小型家電	5kg/検体	3	燃料性	－
			18	18	6

2. 分析内容詳細

1) 燃料性の評価

	項目	特記
燃料性	水分	%-wet
	灰分	%(dry)
	可燃分	%(dry)
	高位発熱量	%(dry)
	低位発熱量	%(wet)
	C	%(dry)
	H	%(dry)
	N	%(dry)
	O	%(dry)
	Cl	%(dry)
	S	%(dry)

2. 分析内容詳細

2) 資源性の評価

①水分

②見かけ比重(wet、dry)

③組成

プラスチック	硬質
	軟質
	ウレタン
金属	鉄
	アルミ
	その他
紙	
その他	

④ 灰分の評価: 乾燥物を800℃で熱処理し、焼却前後の重量から灰分を計算。

⑤ 焼却灰の分析

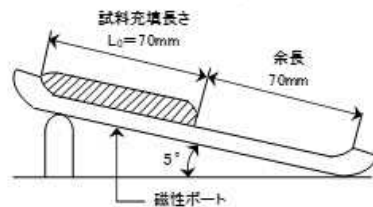
	項目	
各種 元素分析	Si	Cu
	Al	Cr
	Ca	Ni
	Fe	Pb
	Na	Hg
	K	Zn
	Cl	As
	S	Se
	P	Ti
	Mg	Au*
	B	Ag*
	In	Pt*
	Sn	Pd*
	Cd	

*:IPC-MSIにて分析

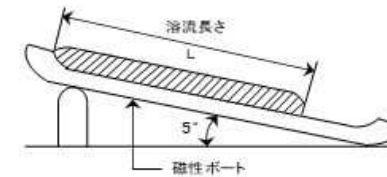
2. 分析内容詳細

3) 溶融性の評価: 溶流度試験(水槽1.2下)

水槽1.2下の各試料を800℃で熱処理して残る灰分を試料として評価した。



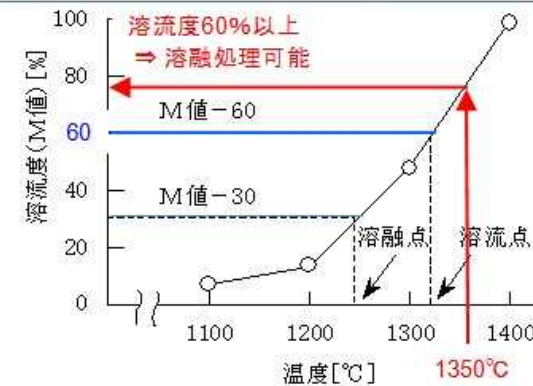
電気炉



溶流度(M) (%)

$$= (L - L_0) / L_0 \times 100$$

溶流度(M 値)は試料の溶融性を示す重要な指標である。操炉温度は、その温度における溶流度を考慮して決められる。



3. 分析評価結果

1) 燃料性の評価(水槽1.2下)

低位発熱量が低く、Cl濃度が高い 低品位な燃料と位置付けられる。

- ・低位発熱量: 16,560～24,500kJ/kg(wet)
- ・Cl濃度 : 1.16～15.0% 特にSRに含まれるClが9.8～15%と高い。

燃料性の分析結果(水槽1.2下)

項目	特記	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電	
水分	%-wet	10.2	2.2	2.9	3.4	0.8	1.3	H24環水大発120725002号
灰分	%dry	38.5	19.2	14.9	19.9	24.0	23.2	H24環水大発120725002号に準拠
可燃分	%dry	61.5	80.8	85.1	80.1	76.0	76.8	H24環水大発120725002号に準拠
高位発熱量	kJ/kg(dry)	19,440	26,170	24,250	22,960	22,840	20,310	JIS M 8814:2003
低位発熱量	kJ/kg(wet)	16,560	24,500	22,430	21,300	21,750	19,220	JIS M 8814:2003
C	%dry	38.2	48.0	49.3	44.2	52.5	42.7	JIS M 8819:1997
H	%dry	3.2	4.69	4.79	3.62	3.96	3.58	JIS M 8819:1997
N	%dry	1.7	0.17	2.05	0.1	0.27	1.6	JIS M 8819:1997
O	%dry	15.5	18.0	13.8	19.5	18.0	25.0	計算値
Cl	%dry	2.68	9.77	15.0	12.1	1.16	3.51	JIS M 8813:2006に準拠
S	%dry	0.2	0.17	0.15	0.55	0.08	0.38	JIS M 8813:2006に準拠

3. 分析評価結果

2) 燃料性の評価(水槽1.0下)

低位発熱量が高く、Cl濃度が低い 高品位な燃料 と位置付けられる。

・ASR 低位発熱量: 24,220~33,890kJ/kg(wet) Cl濃度: 0.20~0.37%

ASR-1は、水分が高く低位発熱量24,220kJ/kg(wet)が低い値となったと考えられる。

水分を2%程度まで低減できれば、33,000kJ/kg(wet)程度まで品位は上がる。

・SR 低位発熱量: 32,410~34,260kJ/kg(wet) Cl濃度: 0.54~1.13%

燃料性の分析結果(水槽1.0下、ASR、SR)

項目	特記	水槽1.0下 ASR-1	水槽1.0下 ASR-2	水槽1.0下 ASR-3	水槽1.0下 SR-1	水槽1.0下 SR-2	水槽1.0下 SR-3	
水分	%-wet	27.4	1.8	1.9	2.3	2.0	1.6	H24環水大発120725002号
灰分	%(dry)	13.6	14.8	11.1	7.3	4.6	5.5	H24環水大発120725002号に準拠
可燃分	%(dry)	86.4	85.2	88.9	92.7	95.4	94.5	H24環水大発120725002号に準拠
高位発熱量	kJ/kg(dry)	36,600	36,750	36,320	34,850	36,710	36,750	JIS M 8814:2003
低位発熱量	kJ/kg(wet)	24,220	33,890	33,290	32,410	34,020	34,260	JIS M 8814:2003
C	%(dry)	67.2	66.5	71.0	66.2	76.1	77.8	JIS M 8819:1997
H	%(dry)	10.2	9.71	10.4	7.17	8.60	8.34	JIS M 8819:1997
N	%(dry)	0.58	1.20	1.64	1.62	3.82	4.39	JIS M 8819:1997
O	%(dry)	7.97	7.43	5.58	17.0	5.68	3.18	計算値
Cl	%(dry)	0.37	0.30	0.20	0.54	1.13	0.63	JIS M 8813:2006に準拠
S	%(dry)	0.08	0.06	0.08	0.19	0.07	0.16	JIS M 8813:2006に準拠

3. 分析評価結果

2) 燃料性の評価(水槽1.0下)

低位発熱量が高く、Cl濃度が低い 高品位な燃料 と位置付けられる。

・家電 低位発熱量: 33,430～34,430kJ/kg(wet) Cl濃度: 0.42～0.55%

・小家電 低位発熱量: 36,470～37,080kJ/kg(wet) Cl濃度: 0.38～0.83%

燃料性の分析結果(水槽1.0下、家電、小型家電)

項目	特記	水槽1.0下 家電-1	水槽1.0下 家電-2	水槽1.0下 家電-3	水槽1.0下 小家電-1	水槽1.0下 小家電-2	水槽1.0下 小家電-3	
水分	%-wet	1.2	1.1	0.6	1.3	1.4	1.3	H24環水大水発120725002号
灰分	%(dry)	2.6	2.2	2.7	2.2	2.7	2.2	H24環水大水発120725002号に準拠
可燃分	%(dry)	97.4	97.8	97.3	97.8	97.3	97.8	H24環水大水発120725002号に準拠
高位発熱量	kJ/kg(dry)	36,300	36,300	35,000	39,210	39,180	38,720	JIS M 8814:2003
低位発熱量	kJ/kg(wet)	34,300	34,430	33,430	37,080	36,880	36,470	JIS M 8814:2003
C	%(dry)	79.0	78.9	77.8	82.0	83.0	83.5	JIS M 8819:1997
H	%(dry)	6.86	6.44	6.01	7.12	7.68	7.68	JIS M 8819:1997
N	%(dry)	2.12	1.79	1.96	3.36	2.28	1.84	JIS M 8819:1997
O	%(dry)	8.85	10.2	11.0	4.45	3.92	4.20	計算値
Cl	%(dry)	0.55	0.42	0.55	0.83	0.38	0.55	JIS M 8813:2006に準拠
S	%(dry)	0.02	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	JIS M 8813:2006に準拠

3. 分析評価結果

3) 資源性の評価(水槽1.2下)

- ・灰分が多いため、焼却処理した場合には、20～30%程度が焼却残さとなる。
- ・プラスチック: 各試料とも硬質プラの含有量が高い。特に家電、小家電はそれぞれ81%、69%と高い。
- ・金属 : 3.7～11%程度の金属を含む。 ASRについては銅、鉄、アルミの順で含有量が高くSR、家電、小家電についてはアルミ、銅、鉄の順で高かった。
その他金属には、基板等も含まれる。
- ・ゴム : ASR、SRについては、硬質プラとならんでゴムの含有量が高かった。

組成分析結果

項目			単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
水分			%-wet	10.2	2.2	2.9	3.4	0.8	1.3
灰分			%-dry	32.8	21.8	25.6	29.3	24.2	30.6
見掛け比重			wet	0.58	0.36	0.36	0.34	0.51	0.52
見掛け比重			dry	0.48	0.35	0.34	0.33	0.50	0.50
組成	①プラスチック	硬質	%-dry	35.73	42.39	41.17	37.09	81.22	68.63
		軟質	%-dry	0.70	1.89	1.59	2.94	1.69	3.62
		ウレタン	%-dry	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
		①プラ合計	%-dry	36.43	44.34	42.76	40.03	82.91	72.25
	②金属	鉄	%-dry	1.10	0.39	0.21	0.00	0.00	0.34
		アルミ	%-dry	0.56	1.97	2.63	3.39	5.14	8.16
		銅	%-dry	1.36	1.39	0.95	0.65	0.12	1.15
		その他	%-dry	0.67	0.76	1.2	0.76	1.16	1.43
		②金属合計	%-dry	3.69	4.51	4.99	4.8	6.42	11.08
	③紙		%-dry	0.00	0.04	0.04	0.08	0.00	0.17
	④その他		%-dry	25.81	5.26	5.86	6.19	9.63	9.43
	⑤ゴム		%-dry	34.07	45.85	46.35	48.9	1.04	7.07
	合計(①+②+③+④+⑤)		%-dry	100	100	100	100	100	100

3. 分析評価結果

3) 資源性の評価(水槽1.2下)

試料中に銅線、基板類も目視確認されたため貴金属類等の有価金属を含むと考えられた。

一方で貴金属類は濃度が低いため、プラスチック類を含む状態では均質化も難しく、低濃度のため正確な分析が難しい。

そこで、均質化と濃縮を目的として各試料を800℃で熱処理し残る灰分を分析した。

灰分の分析結果に関して、以下に記す。

【銅、貴金属類】

- Cu: 1.7～3.1%程度含まれる。
- Au: SR、家電に1ppm未満とわずかに含まれる。
- Ag: 4～10ppm程度含まれる。
- Pt、Pd: いずれの試料にも含まれない。

【重金属類】

- Cd、Hg: 0mg/kgであるが、800℃の熱処理過程で揮散した可能性がある。
- Pb: 0.8～1.5%程度含む。(家電、小家電は低)
- Cr: 0.1～1.6%程度含む。
- As: 10～70mg/kg程度含む。

灰分中の元素濃度

項目	単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-①	水槽1.2下 SR-②	水槽1.2下 SR-③	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
Si	% (dry)	12.8	12.8	9.20	11.4	19.5	14.9
Al	% (dry)	3.27	4.80	5.14	6.09	9.05	11.5
Ca	% (dry)	18.5	15.7	14.8	17.0	8.88	11.1
Fe	% (dry)	5.08	3.69	6.45	5.08	1.64	3.11
Na	% (dry)	0.71	0.65	0.53	0.52	0.95	0.73
K	% (dry)	0.88	0.35	0.41	0.56	1.53	0.40
T-Cl	% (dry)	5.00	8.28	9.07	9.05	0.41	3.01
T-S	% (dry)	0.78	0.70	1.06	0.50	0.10	0.58
T-P	% (dry)	0.06	0.23	0.15	0.11	1.10	0.20
Mg	% (dry)	1.29	2.12	1.16	1.15	3.40	2.43
B	% (dry)	0.34	0.34	0.23	0.35	0.66	0.45
In	% (dry)	0	0	0	0	0	0
Sn	% (dry)	0.03	0.04	0.02	0.05	0.03	0.03
Cd	mg/kg (dry)	0	0	0	0	0	0
Cu	% (dry)	2.56	3.07	1.97	1.88	1.86	2.93
Cr	% (dry)	0.22	0.65	1.62	1.05	0.12	0.85
Ni	% (dry)	0.21	0.23	0.35	0.32	0.08	0.25
Pb	% (dry)	1.44	1.02	0.76	0.45	0.13	0.30
Hg	mg/kg (dry)	0	0	0	0	0	0
Zn	% (dry)	0.53	0.48	0.55	0.37	0.20	0.44
As	mg/kg (dry)	70	50	31	25	11	51
Se	mg/kg (dry)	0	0	0	0	0	0
Ti	% (dry)	0.37	0.54	0.55	0.89	0.29	0.55
Au	% (dry)	0	0.00005	0.00004	0.00003	0.00002	0
Ag	% (dry)	0.00044	0.00058	0.00060	0.00086	0.00093	0.00069
Pt	% (dry)	0	0	0	0	0	0
Pd	% (dry)	0	0	0	0	0	0

3. 分析評価結果

3) 資源性の評価(水槽1.2下)

資源性の分析結果と、金属情報サイトの公開情報に掲載される金属単価(建値)に基づき、銅及び貴金属類の価値を算定した。

水槽1.2下のリサイクル残さに含まれる有価金属が含まれており、建値ベースでの金属価値は6,000～10,700円/t(dry)と試算された。主な価値は、銅であり、金、銀がわずかに含まれる。



試算に用いた金属の価値単価(建値)

Au	円/g	7,906
Ag	円/kg	103,080
Cu	円/kg	1,170

出典: 2023/1/5 (iru-miru.com)

4. 熔融性評価結果

4-1) 熔融性の評価(水槽1.2下)

マテリアルリサイクルの過程で、PVC、PVDC等の塩素含有プラスチックは成型機の腐食等の問題から分離除去される傾向にあり、塩素含有プラスチックの有効利用はリサイクルを高度に進めていく上で無視できない課題である。

本調査で検討しているリサイクルプロセスにおいても、3. 分析評価結果より、水槽1.2下試料は灰分が多いため、焼却処理により減量化しても焼却残さが20～30%残る性状であることがわかった。また、灰分が多いため発熱量は低く、かつPVC等を分離濃縮した試料であるため塩素濃度が高い。低塩素のRPFを利用している工業炉における燃料利用は難しいと考えられた。

一方で水槽1.2下試料の資源性を評価した結果、数千円～1万円/t程度の銅、金を含んでおり、有価金属類を含む部品類が、PVCと同様に重質側に分離・濃縮された結果と考えられた。これらの有価金属の有効利用も課題と考えられた。

そこで、水槽1.2下のリサイクル残さへの熔融資源化プロセスの適用可能性を検討した。熔融資源化プロセスは、重金属、塩、ダイオキシン類を含む都市ごみ焼却残さ(主灰、飛灰)等の無害化・資源化技術として開発された技術であり、処理物中の重金属、塩素の含有を前提としたプロセスである。

また、近年、燃料式熔融炉においてRPF、リサイクル残さなどのマテリアルリサイクルに向かないプラスチック類の燃料利用、資源回収にむけた技術開発が進められていることから、塩素含有プラスチックの有効利用方法の一つとなる可能性がある。

リサイクル残さの保有熱量を熔融熱源として有効利用し、スラグの有効利用と銅、貴金属類を含むメタル、重金属を濃縮した熔融飛灰の山元還元、塩を分離回収・資源化により、埋立処分量をゼロに近づけられる可能性がある。

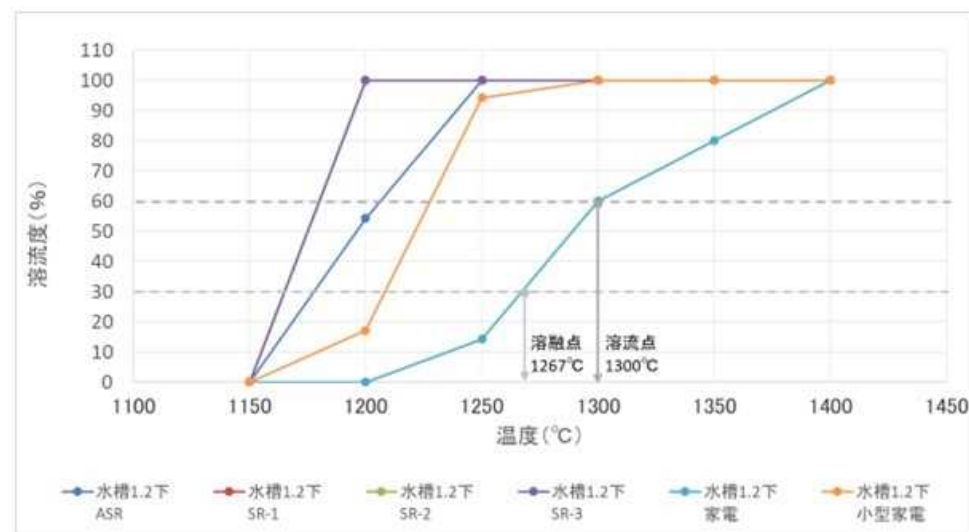
今回の調査では、リサイクル残さの熔融性を確認するための溶流度試験を実施した。また、熔融プロセスにおける塩素の挙動について試算した。

4. 熔融性評価結果

4-1) 溶流度試験結果

各試料の灰分の溶流度試験を行ったところ、溶流点は1,182℃～1,300℃であり、いずれの試料も熔融炉の作業温度1250℃～1350℃で十分熔融可能な性状であった。

SR-1～SR-3の溶流点は1182～1183℃とほぼ同じ値を示しており、SRの成分のばらつきが熔融性に及ぼす影響は小さいものと考えられた。



試験温度と溶流度

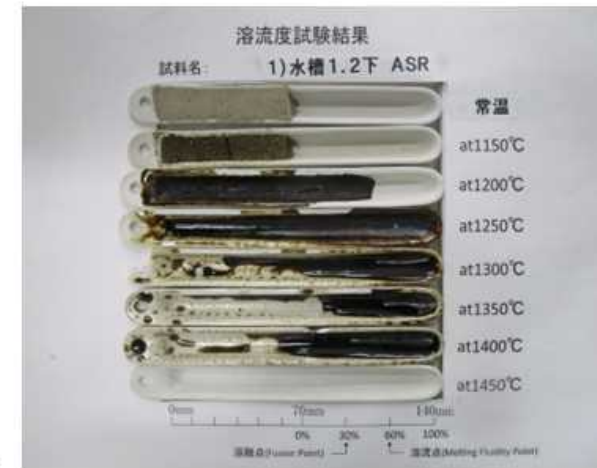
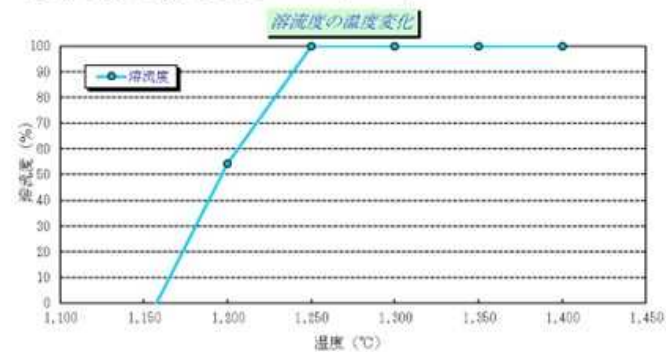
溶流度試験結果

	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電
溶融点 (溶流度30%)	1,181	1,170	1,169	1,169	1,267	1,208
溶流点 (溶流度60%)	1,206	1,183	1,182	1,182	1,300	1,228

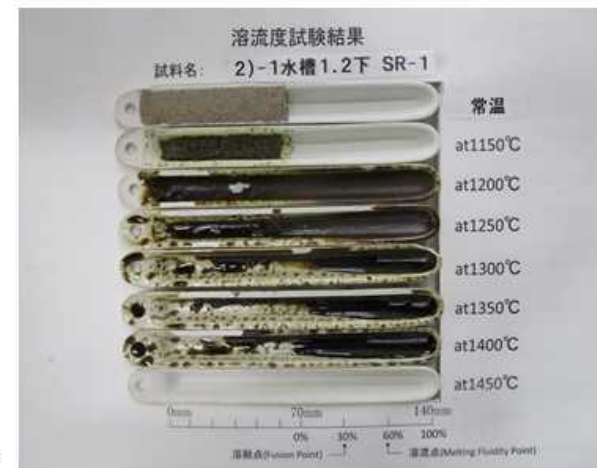
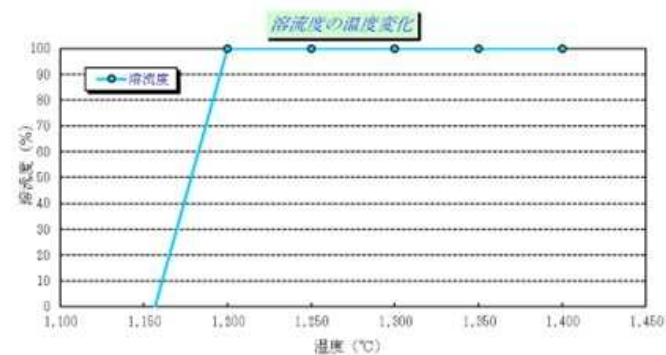
4. 溶融性評価結果(参考)

4-1) 溶流度試験結果

【ASR】 溶融点(溶流度30%): 1,181°C
溶流点(溶流度60%): 1,206°C



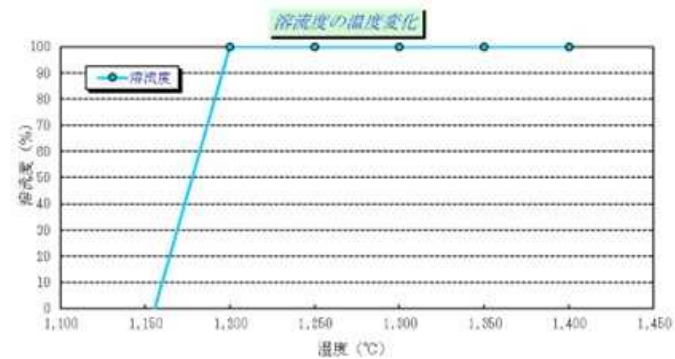
【SR-1】 溶融点(溶流度30%): 1,170°C
溶流点(溶流度60%): 1,183°C



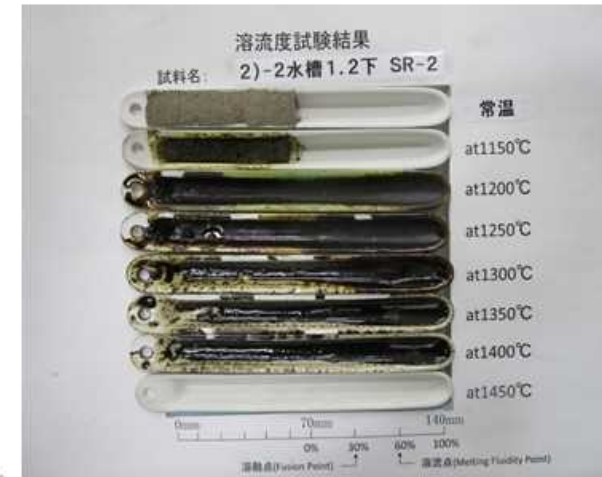
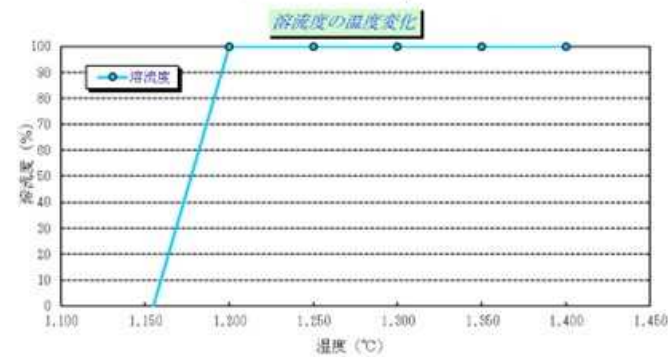
4. 溶融性評価結果(参考)

4-1) 溶流度試験結果

【SR-2】 溶融点(溶流度30%): 1,169°C
溶流点(溶流度60%): 1,182°C



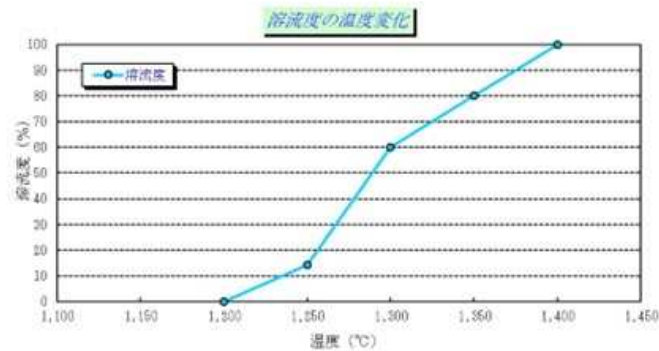
【SR-3】 溶融点(溶流度30%): 1,169°C
溶流点(溶流度60%): 1,182°C



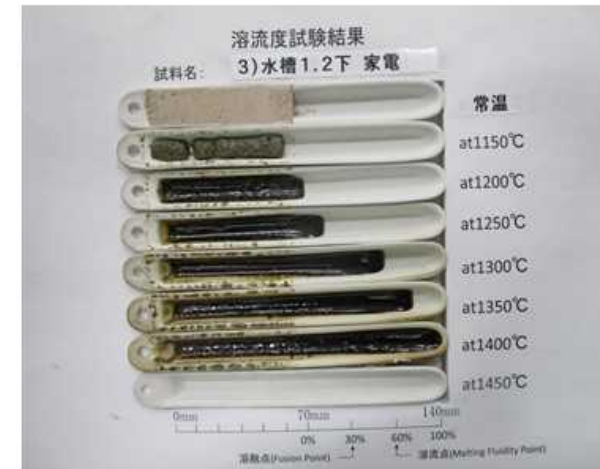
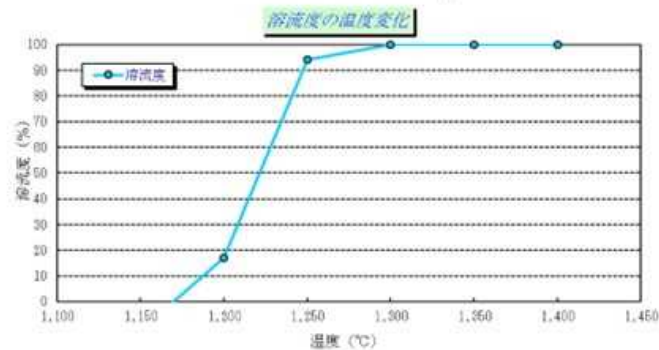
4. 溶融性評価結果(参考)

4-1) 溶流度試験結果

【家電】 溶融点(溶流度30%) : 1,267°C
溶流点(溶流度60%) : 1,300°C



【小型家電】 溶融点(溶流度30%) : 1,208°C
溶流点(溶流度60%) : 1,228°C

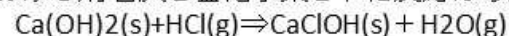


4. 塩素の挙動についての試算

【試算条件】

以下の条件に基づき、水槽1.2下のリサイクル残さから、熔融プロセスで回収できる塩素の量を試算した。

- 塩素の回収・利用に向けて、熔融炉の排ガス処理プロセスは、2段バグフィルタ(BF)システムとし、1段目(BF1)と2段目(BF2)の間で高反応性消石灰を噴霧し、BF2回収物を再生塩として利用する。
- 熔融炉投入物に含まれるCl(100)のうち15%がスラグに同伴し、85%が熔融炉内で揮散し排ガスに移行する。排ガスに移行した85%のうち、50%が煙道、空気予熱器等で凝縮しダストとして排出もしくはBF1で回収される。(BF1回収Cl量: $100 \times 85\% \times 50\% = 42.5$)
- HClの形態でBF1を通過したClのみが、BF1-BF2間で吹き込む高反応消石灰と反応して塩化物としてBF2にて回収される。(BF2回収Cl量: $100 \times 85\% \times 50\% = 42.5$)
- BF2における消石灰と塩化水素と中和反応は以下の反応式によるものとする。



【試算結果】

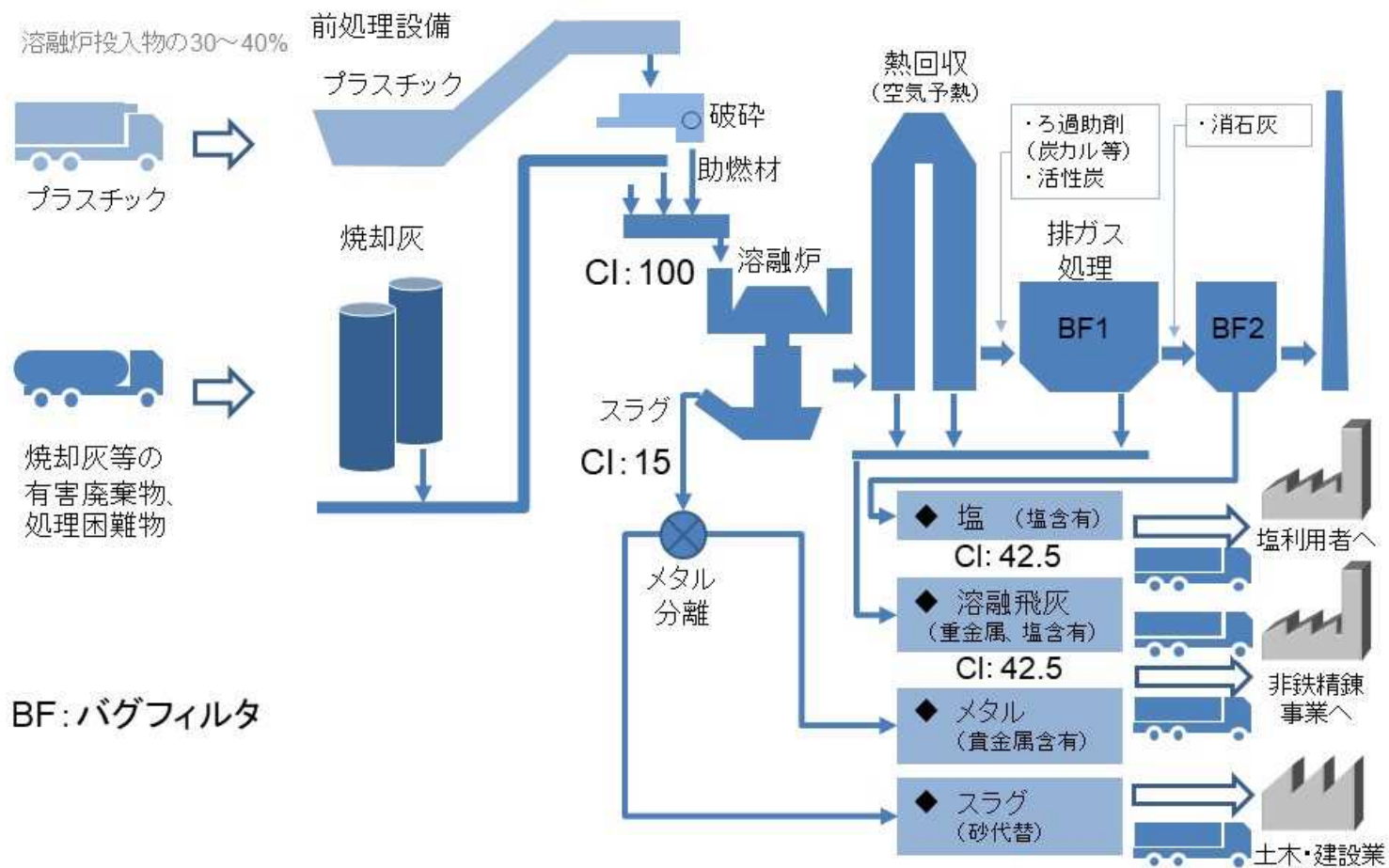
- 試料1トンあたり、ASR: 27kg、SR: 100~160kg、家電: 13kg、小型家電: 38kgの塩化物(CaClOH)が回収できる可能性がある。

塩化物回収量の試算結果

	単位	水槽1.2下 ASR	水槽1.2下 SR-1	水槽1.2下 SR-2	水槽1.2下 SR-3	水槽1.2下 家電	水槽1.2下 小型家電	備考
Cl(含有量)	%dry)	2.68	9.77	15	12.1	1.16	3.51	試料乾重量比
Cl(BF2回収)	%dry)	1.14	4.15	6.38	5.14	0.49	1.49	試料乾重量比
塩化物回収量	%dry)	3.0	10.8	16.6	13.4	1.3	3.9	試料乾重量比
	kg-塩化物/t-試料(dry)	30	108	166	134	13	39	試料乾重量比
	kg-塩化物/t-試料(wet)	27	106	162	130	13	38	試料湿重量比

4. 塩素の挙動についての試算

溶融プロセスフローと塩素収支



19

まとめ

1. 水槽1.2下

- ・発熱量が低いこと、塩素濃度が高いことから工業炉での燃料利用は困難。
- ・灰分が多いため、焼却処理による減量効果は低い。
- ・有価金属が低濃度ながら残留しており数千～1万円/tの資源価値(ポテンシャル)がある。
- ・溶融資源化プロセスを適用した場合、有害廃棄物の無害化・資源化処理の熱源として保有熱を利用し、残留する有価金属を資源循環できる可能性がある。
- ・溶融資源化プロセスにおいて、投入塩素の約43%程度が回収できる可能性があり、試料1トンあたり、ASR: 27kg、SR: 100～160kg、家電: 13kg、小型家電: 38kgの塩化物が回収できる可能性がある。塩化物の品位等については、今後、実験的検討が必要。

2. 水槽1.0下

- ・発熱量が高く、塩素濃度が低いことから燃料利用が可能と考えられる。
ASRについては、水分が20%を超えて低位発熱量の低下が見られるので、更なる含水率低減が課題と考えられる。

参考資料 8

環境省「平成 28 年マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～低炭素型 3R 技術・システム実現のための素材別リサイクル戦略マップ案の検討～
資料編 参資 1-32 表 3-6 製品分類ごとおよび処理処分項目ごとの内訳の集約結果の数値データ」



図 3-14 製品分類ごとおよび処理処分項目ごとの内訳の集約結果

表 3-6 製品分類ごとおよび処理処分項目ごとの内訳の集約結果の数値データ（千 t）

製品分類	製品輸出	再生材料輸出	MR	CR	TR	単純焼却	埋立
PET ボトル	0	298	232	0	89	0	0
その他容器	0	0	118	218	2,499	460	347
家電	17	129	97	0	36	0	0
小型家電	1	10	2	3	107	22	15
自動車	0	27	4	7	217	41	31
建設	0	139	28	12	311	58	47
その他	0	190	21	63	2,088	400	300
加工ロス	0	648	72	0	0	0	0
合計	18	1,440	572	300	5,347	981	741

2) 温室効果ガス排出係数の設定

表 3-7 に、処理処分項目別の温室効果ガス排出原単位を示す。文献調査やヒアリング等を通じて設定した。出典および設定方法については、表 3-8 に示したとおりである。

なお、MR と CR については、成果物産出量の断面でフローを把握しているため、処理量あたりではなく、成果物産出量あたりの原単位を引用した。