

令和7年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業
(うち、プラスチック等資源循環システム構築実証事業)
(容器包装廃プラスチックの
自動車内装部品へのリサイクル実証事業)

報告書

令和8年3月

トヨタ紡織株式会社

概要

本事業は、国内の廃棄プラスチックの内、最も多く廃棄されており、またその大部分がサーマルリサイクルされている容器包装系プラスチックについて、廃プラスチックの分別について調査している（株）ごみの学校（容リプラの回収協力自治体：亀岡市）、容器包装系廃プラスチックの再商品化事業を行う（株）富山環境整備、プラスチックの物性改質と成形を行う永興物産（株）、プラスチックを使用して自動車内装部品を製造するトヨタ紡織（株）の4者で連携し、動静脈一体となって課題の明確化、技術実証を行い、自動車内装部品の製造で最も使用されているプラスチックであるポリプロピレン（PP）を対象に、容器包装系廃プラスチックから自動車内装部品へのリサイクルプロセスの構築を目指すものである。

本事業は令和7年度から令和9年度までの3ヵ年での取組みを計画しており、1年目にあたる令和7年度は以下の検討を実施した。

（1）容器包装廃プラスチックの分別回収率向上施策の策定

家庭から排出される容器包装廃プラスチックについて組成分析を行い、自動車内装部品の材料として利用可能性の高い素材の特定を行った。その結果を踏まえ、市民参加型の拠点回収実証を実施し、回収量、品質、分別のしやすさ、参加動機を評価した。回収後の用途を明確化した手法は市民の理解と協力を得やすい一方、回収品目の周知方法や回収スキームの改善が今後の課題として明らかとなった。

（2）容器包装廃プラスチックの選別・異物除去検討

自動車内装部品用途に適した高品質リサイクルPPの確保を目的として、選別工程及びコンパウンド工程における異物除去技術の検討を行った。光学選別機の選別順序やエアールによる打上げ・打下ろし条件を最適化することで、PP純度の向上及びポリスチレン（PS）など異なるプラスチック混入率の低減が確認された。またコンパウンド工程でのフィルタリングによる異物除去では、金属や複合材などの一部が異物として残存し、後工程での生産性低下や品質リスクにつながる可能性が示唆された。

（3）におい除去技術の開発

自動車内装部品において重要な品質項目である「におい」に着目し、リサイクルPPのにおい特性の把握と低減技術の検証を行った。通年の官能評価により、におい強度及びにおい質のばらつきを整理するとともに、ガスクロマトグラフ分析（GC/MS分析）により、主ににおい原因物質を特定した。その結果、現状の洗浄・脱揮工程のみでは目標値を満足しないことが明らかとなったが、高脱揮能力を有する押出機を用いた脱臭トライにより、におい強度を大幅に低減できる可能性が示された。

(4) 物性改善検討

容器包装廃プラスチック由来リサイクルPPの自動車内装部品適用に向け、機械物性の実力値とばらつきを通年で評価した。バージン材を配合しない場合、多くの項目で自動車用途の要求特性を満足しない結果となったが、バージン材を70%配合することで、(一社)日本自動車工業会(以下「JAMA」という)汎用PP①の要求特性の大半を満足する目途が立った。一方、引張伸びなど一部特性は異物の影響を受けやすく、異物除去率向上とばらつき低減が今後の重要課題として整理された。

(5) 製品試作・評価

(1)での分別回収品を原料に、最適処方を実施し、自動車内装部品の試作を実施した。成形時の樹脂充填挙動、外観品質、寸法精度について評価した結果、成形性や寸法安定性に大きな問題は認められなかった。一方で、成形品内部に微細な異物が確認され、長期耐久性や意匠品質への影響評価が必要であることが示唆された。

今後は、外部環境(温度、湿度、光等)変化による材料の耐久性や意匠品質への影響を確認した上で、品質を向上するための工程改善、材料改質を検討する。

(6) LCAの検証・評価

容器包装廃プラスチックを自動車内装部品へマテリアルリサイクルした場合の環境負荷を定量的に評価するため、ライフサイクルアセスメント(LCA)によるCO₂排出量の算定を行った。バージンPPを使用し焼却廃棄するケースをベースラインとして比較した結果、実証段階及び普及段階の双方において、特に非エネルギー起源CO₂を中心とした大幅な削減効果が確認された。一方で、一部データには推計値も含まれるため、今後はデータの精緻化と評価範囲の再整理を行い、より信頼性の高い環境評価を目指す。

(7) 樹脂リサイクル技術の調査

「サーキュラー・エコノミーEXPO」「サステナブルマテリアル展 東京」「サステナブルマテリアル展 名古屋」「モビリティマテリアル展」にて、本実証に活用可能な選別技術、成形技術等の調査を行った。材料の評価装置や異物除去装置など、実証で得られた課題に対する解決手法の一案として活用を検討していく。

Summary

This project involves the following four parties working together in a fully integrated manner throughout the entire process, from disposal to recycling, to clarify problems and demonstrate technologies related to waste plastic containers and packages, which are the most common type of waste plastic in Japan and are largely thermally recycled, to establish a recycling process from them to automotive interior parts made of polypropylene (PP), the most widely used plastic in automotive interior parts. The four parties involved are as follows: Gomi no Gakko Inc., which, in cooperation with Kameoka City, investigates how to effectively sort waste plastics in the collection; Toyama Kankyo Seibi Co., Ltd., which recycles waste plastic containers and packages; Eikou Bussan Co., Ltd., which modifies the physical properties of plastics and molds them; and Toyota Boshoku Corporation, which manufactures automotive interior parts using plastics.

As the first year of a three-year initiative spanning from FY2025 to FY2027, this project conducted the following investigations during FY2025.

(1) Formulation of measures to improve the sorted collection rate of waste plastic containers and packages

The company conducted a compositional analysis of waste plastic containers and packages generated from households to identify materials that are highly suitable for automotive interior parts. Based on these results, the company conducted a citizen-participatory collection demonstration and evaluated the amount collected, quality, ease of sorting, and motivation for citizen participation. While clearly defining the intended use of collected items can gain public understanding and support, issues such as how to improve notification of what items are collected and the collection scheme have been identified for the future.

(2) Study on how to sort and remove foreign matter from waste plastic containers and packages

The companies investigated foreign matter removal technologies in the sorting and compounding processes to secure high-quality recycled PP suitable for automotive parts applications. By optimizing the sorting sequence of the optical sorter and the conditions for air-blowing intervals, the companies confirmed the improvements in PP purity and a reduction in the mixture rate of other plastics such as polystyrene (PS). In addition, the filtering process during the compounding stage suggested that some metals or composite materials left as foreign matter could potentially lead to decreased productivity and quality risks in subsequent processes.

(3) Development of odor removal technology

Focusing on odor, a crucial quality item in automotive interior parts, the companies investigated the odor characteristics of recycled PP and verified odor reduction technologies. Through year-round sensory evaluations, the companies organized the variability in odor intensity and odor quality and identified the main odor-causing substances using gas chromatography analysis (GC/MS analysis). The results showed that the current washing and devolatilization process alone is insufficient to meet the target values. However, a deodorization trial using an extruder with high devolatilization capacity demonstrated the possibility to significantly reduce odor intensity.

(4) Study on how to improve physical properties

The companies evaluated the actual values and variability of its mechanical properties throughout the year to prepare for the application of recycled PP derived from waste plastic containers and packages to automotive interior parts. Without including virgin material, the recycled PP did not meet the required characteristics for automotive applications in many aspects. However, by including 70% virgin material, the properties were improved to possibly meet most of the required characteristics for general-purpose PP 1 as defined by the Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA). On the other hand, some properties, such as tensile elongation, are susceptible to the influence of foreign matter. Therefore, improving the rate of foreign matter removal and reducing variability were identified as important challenges for the future.

(5) Product prototyping and evaluation

Using the sorted and collected materials from above (1) as raw materials, the company applied an optimal formula to manufacture prototypes of automotive interior parts. Evaluations of the resin filling behavior during molding, appearance quality, and dimensional accuracy revealed no major problems with molding performance or dimensional stability. On the other hand, minute foreign matter was found inside the molded product, suggesting that a further evaluation of its impact on long-term durability and design quality is necessary.

After confirming the impact of external environmental changes (temperature, humidity, light, etc.) on the durability and design quality of materials, the company will consider process improvements and material modifications to enhance quality.

(6) Verification and evaluation of LCA

To quantitatively evaluate the environmental impact of material recycling of waste plastic containers and packages into automotive interior parts, the company calculated carbon dioxide (CO₂) emissions using a life cycle assessment (LCA). A comparison with a baseline case using virgin PP for incineration revealed significant reductions, particularly in non-energy-related CO₂ emissions, in both

the demonstration and widespread adoption phases. On the other hand, since some of the data includes estimated values, the company will refine the data and reorganize the evaluation scope in the future to aim for a more reliable environmental assessment.

(7) Investigation of resin recycling technology

The companies conducted a survey on sorting and molding technologies that can be used in this demonstration at the Circular Economy EXPO, Sustainable Material EXPO Tokyo, Sustainable Material EXPO Nagoya, and Mobility Materials EXPO. The company will use the survey results to consider a possible solution to the problems identified in the demonstration, such as material evaluation equipment and foreign matter removal equipment.

目次

1	事業の概要	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	進め方	3
1.4	3ヵ年の課題と対応策	3
1.5	サンプル名称の定義	5
1.6	実施体制	6
1.7	用語の定義	7
2	容器包装廃プラスチックの分別回収率向上施策の検討	8
2.1	容器包装廃プラスチックの組成分析	8
2.1.1	実施概要	9
2.1.2	全体の流れ	9
2.1.3	調査結果	12
2.2	イベント回収トライと影響評価	15
2.2.1	実施概要	15
2.2.2	周知及びインセンティブ	17
2.2.3	アンケート調査と運営について	20
2.2.4	持ち込み状況と住民アンケート結果	24
2.2.5	回収内容について	29
2.3	組成分析と市民参加型の分別回収手法のまとめ	31
3	容器包装廃プラスチックの選別・異物除去検討	32
3.1	選別工程の最適化による PP 純度向上検討	32
3.1.1	実施概要	32
3.1.2	選別・原料化設備	34
3.1.3	検討方法	37
3.2	選別工程及びコンパウンド段階での異物除去検討	42
3.2.1	実施概要	42
3.2.2	コンパウンド試作設備	43
3.2.3	異物除去検討方法	43
3.3	市民分別回収品の粉砕洗浄、選別及びコンパウンド検討	48
3.3.1	実施概要	48
3.3.2	設備概要	48
3.3.3	検討方法	52
4	におい除去技術の開発	62
4.1	においのばらつき把握の実施	62

4.1.1	実施概要.....	62
4.1.2	実施方法.....	62
4.1.3	実施結果.....	63
4.1.4	におい指数によるにおい官能評価	68
4.1.5	におい嗅ぎ GC/MS 測定.....	69
4.2	脱臭トライの実施	72
4.2.1	実施概要.....	72
4.2.2	設備概要.....	73
4.2.3	実施結果.....	74
4.3	揮発性有機化合物の除去検討.....	85
4.3.1	実施概要.....	85
4.3.2	実施方法.....	85
4.3.3	実施結果.....	85
5	物性改善検討.....	90
5.1	物性のばらつき把握の実施.....	90
5.1.1	実施概要.....	90
5.1.2	実施方法.....	90
5.1.3	実施結果.....	97
5.2	最適処方を目途付け.....	115
5.2.1	実施概要.....	115
5.2.2	実施方法.....	115
5.2.3	実施結果.....	115
6	製品試作・評価	122
6.1	実施概要.....	122
6.2	実施方法.....	122
6.2.1	製品試作.....	122
6.2.2	製品評価方法	123
6.3	評価結果.....	123
7	LCA の検証・評価	128
7.1	検討概要.....	128
7.2	検討方法.....	128
7.3	検討結果及び考察	132
8	リサイクル技術の情報収集.....	135
8.1	検討概要.....	135
8.2	調査結果.....	135
9	まとめと今後の課題.....	140

9.1	全体目標の達成状況と整理.....	140
9.2	容器包装廃プラスチックの分別回収率向上施策の検討.....	140
9.3	容器包装廃プラスチックの選別・異物除去検討.....	140
9.4	におい除去技術の開発.....	141
9.5	物性改善検討.....	141
9.6	製品試作・評価.....	141
9.7	LCA の検証・評価.....	142

1 事業の概要

1.1 背景

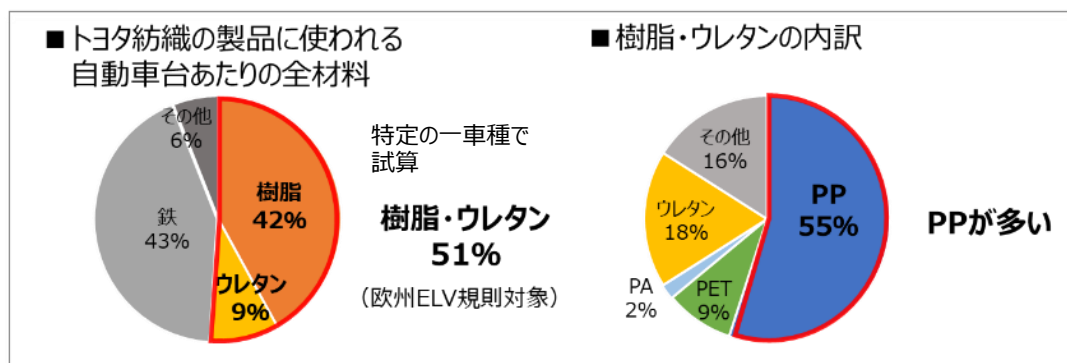
トヨタ紡織は、主にトヨタ自動車（株）を顧客とするシート、内装部品のシステムサプライヤーであり、特に樹脂を多く使用している部品メーカーである（図 1.1）。

欧州 ELV 規則への対応や車両メーカーからのリサイクル樹脂使用要求（表 1.1）に対し、トヨタ紡織では欧州仕向車両の部品に限定しても多くの樹脂を毎年使用しており、欧州 ELV 規則への対応には比例して多くのリサイクル樹脂が必要である。また、トヨタ紡織の使用樹脂は全体の約 60%をポリプロピレン（PP）が占め（図 1.2）、リサイクル PP の品質向上と数量の確保を早急に進める必要がある。



図 1.1. トヨタ紡織（株）の部品群

<材料別使用割合>



(出典) 2024年11月11日エヌプラスセミナー トヨタ紡織(株)講演資料

図 1.2. トヨタ紡織(株)の樹脂使用割合

表 1.1. 車両メーカーが公表している再生材使用目標

業界	企業	目標
JAMA	-	2035年:サステナブル樹脂利用率 15% 2040年:20% (国内,商用車除く)
日本	トヨタ	2030年:再生材使用率30% (国内、欧州)
	本田	2050年:サステナブルマテリアル使用率 100%
	日産	2030年:サステナブルマテリアル採用率 40% (2050年:100%)
	スバル	2030年:新型車に使用する樹脂再生材使用率25%
欧州	BMW	2030年:新車の再生材使用比率 50% (現状30%)
	Mercedes	2030年:電動車のバージン材使用 ▲30%
	Renault	2030年:再生材使用率を全体で33%まで引き上げ
米州	GM	2030年:サステナブルマテリアル使用率 50%

(出典) 2024年12月19日 公表情報より作成されたトヨタ紡織(株)社内資料

1.2 目的

本実証では、国内の廃棄プラスチック総量 823 万 t (2022 年) の内、最も多く廃棄される容器包装等 (一般系+事業系: 404 万 t) に着目し、自動車内装部品へリサイクルするための技術確立と部品適用を目的とする。¹

容器包装廃プラスチックは大部分が熱回収や高炉還元剤等の化石燃料代替として使用されており、また、リサイクルされていても、パレットや土木・建築資材など、用途特性に応じた分野で主に利用されている。

これらの容器包装廃プラスチックを回収し、自動車に実装するプロセスを通じて、サーキュラーエコノミーを構築するための課題を明確にして、政策・仕組みへの提言を行う。

¹ (一社) プラスチック循環利用協会 『2022 年 プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図』

1.3 進め方

容器包装廃プラスチックの材料成分は主にポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタート (PET)、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP) が混合されており、再商品化事業者で光学選別により樹脂純度を高め、ペレットとして販売されている樹脂にも、異なる樹脂種が 10~20%混合されている。例えば PP ペレットには耐熱性が低く脆い PS、PE が混合されているため、物性低下の要因となる。

また、容器包装は主に食料品の容器・包装に使用されているため、使用の過程でにおいが樹脂に染みつき、水や温水で洗浄したとしても完全に除去することが難しいことが想定される。

再商品化事業者以降の処理プロセスでは対応の難しい異材種の混合、においの染みつきについては、市民排出段階での異物を混入させない排出を実施することで、選別段階での異材種の混入率、リサイクル PP の物性 (におい含む) にどの程度影響を及ぼすかの把握を行う必要がある。

さらには、容器包装に使用されている PP 種は、熱劣化や耐湿劣化などの長期耐久性の処方が施されていないため、自動車内装部品用途へ展開するには耐久性等の機械的物性の改質も必要である。

これらの課題に対し、自動車の内装部品に適用するために、回収する PP の純度を高める排出・選別技術・プロセスの最適化と PP の材料改質を行い、自治体回収から自動車内装部品適用までの一気通貫で実証を進め、自動車内装部品へのリサイクルプロセスを構築する。

1.4 3カ年の課題と対応策

本実証では、3カ年で目的の達成に向けて、大きく以下の技術課題への対応を実施する。

① 廃プラスチックの選別、異物除去

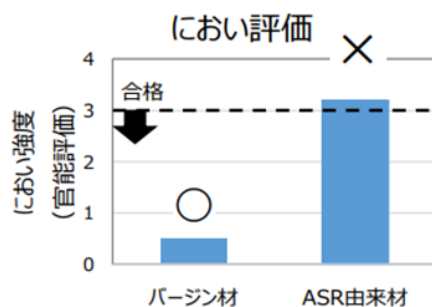
容器包装廃プラスチックは主に PS、PET、PE、PP が混合されており、また、プラスチック以外の異物である石や土等の混入も見られる。容器包装回収時に、同一材種であることから自動車内装部品への転用ポテンシャルが大きいと考えられる、軟質 PP、硬質 PP を選択的に回収する方策と、再商品化事業者での高度選別、異物除去を通じて PP 純度を上げる方策を検証する。

ただし、PP と構造が類似する PE については、除去精度に限界があると考えられるため、同じオレフィン系樹脂として、残留を前提に③の中で使いこなしに向けた物性改善を図る。

② におい除去

本事業への申請段階で実施した予備検証において、容器包装由来のリサイクル PP は、その用途や廃棄段階での汚れにより素材へにおいが染み付くが、水や温水の洗浄だけでは除去が難しく、自動車内装部品に要求されるにおい基準を達成できない (図 1.3)。においの

発生物質を分析し、要因を特定することで、適切なにおい除去工程を決定する。

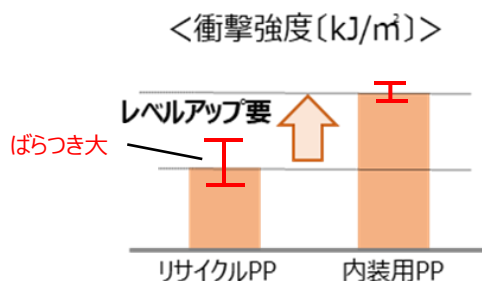


(出典) 2024年10月8日 トヨタ紡織(株) 社内資料

図 1.3. リサイクル PP のにおい評価結果

③ 機械物性及び耐久性

予備検証において、容器包装由来のリサイクル PP は自動車内装部品用バージン PP と比較し機械的物性（引張り強度、曲げ強度、耐衝撃性等）が低いことと値に大きなばらつきがあることを確認しているが（図 1.4）、その度合いを把握することで物性改質のための処方を決定する。また、同様に予備検証において、容器包装由来のリサイクル PP は自動車内装部品用途に比べて耐久性が劣ることを確認していることから、併せて改善を検証する。



(出典) 2024年10月8日 トヨタ紡織(株) 社内資料

図 1.4. リサイクル PP 耐衝撃値とばらつき

④ 流動性と加工方法

容器包装由来のリサイクル PP は、フィルムやトレイ等への利用が多く、主に押出成形で生産されるため樹脂流動性が低い。他方、自動車内装部品は主に射出成形で製造されており、流動性が高い樹脂が求められる。そこで、流動性の向上・最適化や、最適な加工方法を検証する。

⑤ 部品の最適構造設計

③④での検討に加え、バージン材と比較して物性が低い容器包装由来のリサイクル PP を使用して製品規格を満たすことを目指し、実証の中で得られたデータを基に、製品設計の段階から、部品の最適構造設計を検討する。

また③④の検討と併せて、機械物性改善、加工方法検討、設計構造検討のプロセス全体でばらつきを吸収することを検討する。

1.5 サンプル名称の定義

本報告書にて記載するサンプル名称の定義を表 1.2 に示す。

表 1.2. 本報告書で使用するサンプル名称の定義

サンプル名称	サンプル詳細	サンプル確保時期
サンプル 1 容リルート PP	(株) 富山環境整備が一般販売する、(公財) 日本容器包装リサイクル協会経由で落札した、様々な自治体 (78 件) の容器包装廃プラスチック由来のリサイクル PP	6 月～2 月にて 1 回/月 合計：9 回
サンプル 2 大臣認定ル ート PP	(株) 富山環境整備が一般販売する、大臣認定ルートにて亀岡市から回収した容器包装廃プラスチック由来のリサイクル PP	6 月～2 月にて 1 回/月 合計：9 回
サンプル 3 分別回収ル ート PP	(株) ごみの学校が亀岡市内で追加分別及び分別指導により回収された容器包装廃プラスチックから (株) 富山環境整備により製造されたリサイクル PP	8 月：組成調査時 12 月：分別回収トライ時 合計：2 回

サンプル 3：分別回収ルート PP の内、12 月分については、当初、(株) 富山環境整備にて処理する予定であったが、亀岡市での収集量が当初想定約 1 t を大きく下回り、約 200 kg 程度に留まる見込みとなった。そのため、生産規模の大きい同社の処理工程では、サンプル数が少なすぎて適正な処理ができないことが見込まれた。

そこで、少量処理に適した小規模トライアル設備を保有する事業者へ再委託（事業者名：日本シーム株式会社、三井化学株式会社、株式会社グランツ）することで、サンプルロスを最小限に抑え、製品試作に必要な量を確保した。

なお、処理プロセスの詳細は 3.3 節にて示す。

1.6 実施体制

実施体制の概要と詳細をそれぞれ図 1.5 と図 1.6 に示す。

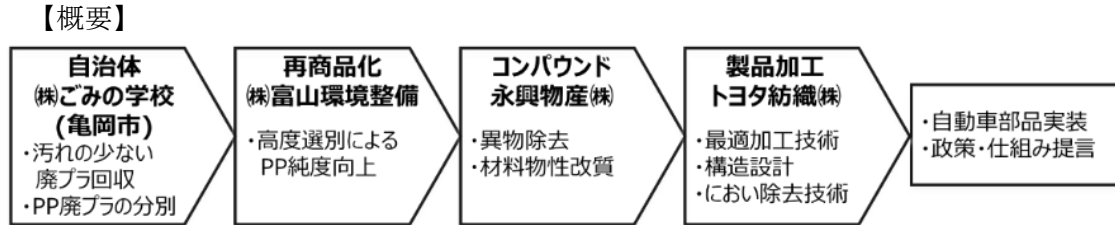


図 1.5. 実施体制概要

【詳細】

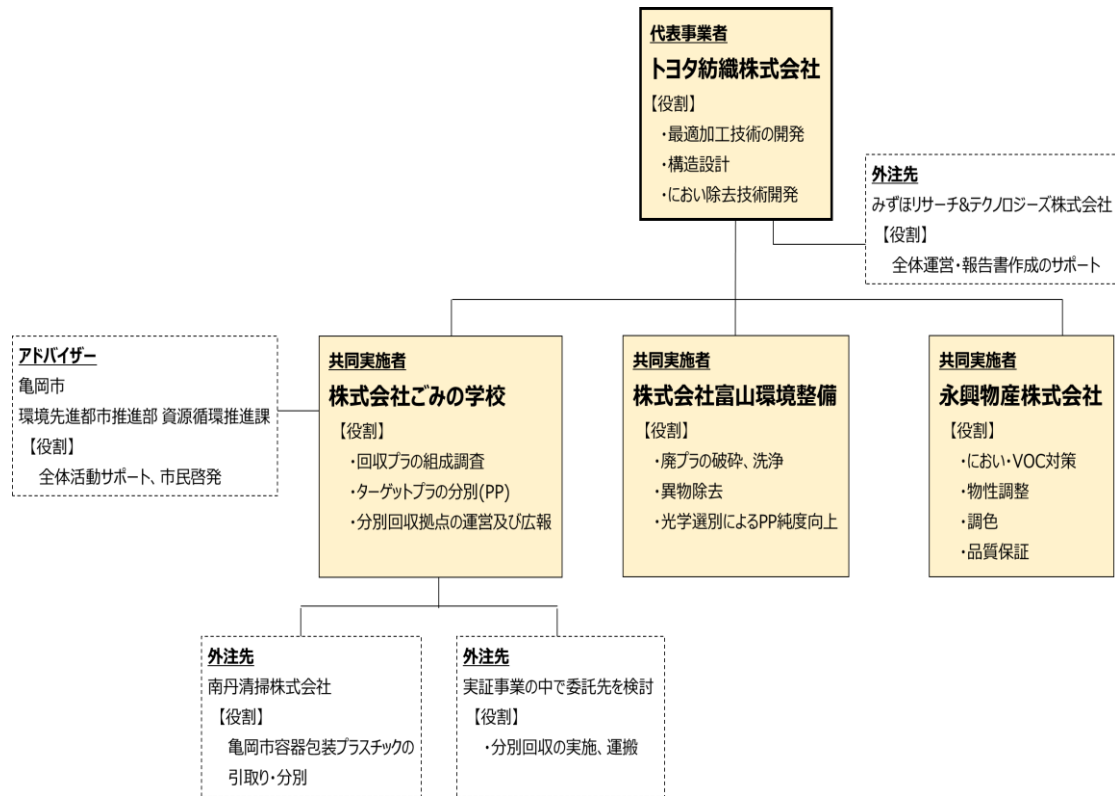


図 1.6. 実施体制詳細

1.7 用語の定義

本報告書にて記載する略称の定義を表 1.3 に示す。

表 1.3. 本報告書で使用する略称の定義

略称	正式名称	概要
PP	ポリプロピレン	主な製品例：食品タッパー、自動車バンパー、キャップ
PE	ポリエチレン	主な製品例：レジ袋（軟質）、洗剤ボトル（硬質）
PET	ポリエチレンテレフタレート	主な製品例：飲料ボトル、卵パック
PS	ポリスチレン	主な製品例：食品トレイ、家電の緩衝材
NIR	近赤外線分光機	光を照射して素材を瞬時に判別する測定器
GC/MS	ガスクロマトグラフ（GC） / 質量分析（MS）	気化成分をカラムで分離し、質量情報から化学物質を特定する分析手法
VOC	揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds）	常温で気化しやすい有機化合物の総称で、塗料や溶剤などに含まれ、大気汚染やシックハウス症候群等の健康被害の原因になる
NMR	核磁気共鳴法（Nuclear Magnetic Resonance）	分子構造を解析する非破壊的な測定法
FT-IR	フーリエ変換赤外分光光度計	物質の赤外吸収を解析し化学構造を同定する分析装置

2 容器包装廃プラスチックの分別回収率向上施策の検討

本章では、(株)ごみの学校が主導して実施した、家庭から排出されるプラスチックの自動車内装部品への再利用可能性を調査するための組成分析、及びその結果に基づいた市民参加型の分別回収トライアルについて報告する。

2.1 容器包装廃プラスチックの組成分析

本調査は、亀岡市内から排出されるプラスチックの種類及び比率を把握し、自動車内装部品材料への転用ポテンシャルの高いプラスチックの候補を抽出することを目的として実施した。なお、前提として亀岡市では表 2.1、図 2.1 のとおりの方式で回収されている。

表 2.1. 調査実施内容詳細容器包装

項目	情報	備考
回収プラの種類	容器包装プラスチック及び製品プラスチック	プラマークのついているもの
回収方法	ステーション回収方式	指定曜日
総回収量 (令和6年度)	1,083,620 kg	年間実績
マテリアルリサイクル量	506,510 kg	ペレット化
リサイクル率	47.8%	-



(出典) 亀岡市 HP 『亀岡市ごみの分け方・出し方パンフレット保存版 (令和7年2月改訂版)』

図 2.1. 亀岡市分別ルール (プラスチック)

2.1.1 実施概要

容器包装廃プラスチックの組成分析は表 2.2 のとおり 8 月 21 日・22 日・25 日・26 日の計 4 日間、エコトピア亀岡にて実施した。対象は、容器包装プラスチック及びその他プラスチックの混合ペール化前素材と、「埋め立てるしかないごみ」から分別された「残渣プラスチック」の 2 種類とした（図 2.2、図 2.3）。

表 2.2. 調査実施内容詳細

調査実施日	8 月 21 日、22 日、25 日、26 日（4 日間）
場所	エコトピア亀岡
調査対象	<ul style="list-style-type: none">・ ペール（圧縮梱包）前の「容器包装プラスチック及びその他プラスチック」の混合物・ 「埋め立てるしかないごみ」から人力による手選別後の「残渣プラスチック」



図 2.2. 容器包装プラスチック



図 2.3. 埋め立てるしかないごみから選別された残渣プラスチック

2.1.2 全体の流れ

(1) 廃プラスチックの受け入れ

現地作業スペースにて手選別によりサンプルを抽出し、総量 100kg（埋立由来プラスチック 15kg、容器包装リサイクルその他プラスチック 85kg）を回収した（図 2.4、図 2.5）。



図 2.4. 「容器包装プラスチックリサイクル及びその他プラスチック」サンプル回収



図 2.5. 「埋め立てるしかないごみ由来プラスチック」サンプル回収

(2) プラスチックごみの分類・測定の手順

回収したサンプルについて、表 2.3 に示す以下の手法で分類・測定を行った。

表 2.3. 分類・測定手法

目視分別/異物分類	プラスチック素材表記を参考にプラスチック種別ごとに目視分別。紙、金属、食品残差など異物の有無についても目視にて把握し、重量測定を行った。
素材分類	ハンディタイプの近赤外線分光機（NIR）2 台を使用し、その場でPET/PE/PP/PS/その他を非破壊で判別したほか、硬質・軟質の特定を行った。

プラスチックの素材分類は、「ぷらしる（山本製作所）」及び「RICOH HANDY PLASTIC SENSOR B150（RICOH）」2 種類の判別装置を用いて調査を実施した。分類判定が曖昧な対象については、以下の手順で処理した。

- i) 素材表記を参考として目視分別の実施
- ii) 不明な場合 2 種類の機器でそれぞれ測定を実施
- iii) 両機器の判定結果が合致するか確認
- iv) いずれの機器でも分類できない場合は「その他」として処理

(3) プラスチック分別作業

① 目視分別/異物分類

調査対象となる廃プラスチックについて、「容器包装プラスチック及びその他プラスチック」由来の対象物と、「埋め立てるしかないごみ」由来の「残渣プラスチック」由来の対象物のそれぞれについて、硬質/軟質の判定を目視にて分別を行った後、それぞれの対象物について、PP、PE などの素材表記が無いかを目視確認を行った（図 2.6）。その上で判定がつかなかったものを NIR 測定対象物として、NIR 測定担当係へ渡して特定を行った。



図 2.6. 目視分別の様子

② 素材分類（NIR 判別）

目視にて判断がつかなかった素材については前述のとおりハンディタイプの近赤外線分光機を用いて NIR 測定を行う。NIR 測定でも判別がつかないものについては「その他」として分類を行った（図 2.7、図 2.8）。



図 2.7. NIR 判別の様子



図 2.8. 分類後のプラスチック保管の様子

(4) 計量・記録・撮影

分別作業を行った上、組成分類ごとに計量を行った。計量についてはデジタル計量器を使用し、分別項目ごとに写真撮影及びデータ調査票へ記録した（図 2.9）。



図 2.9. 計量・記録・撮影の様子

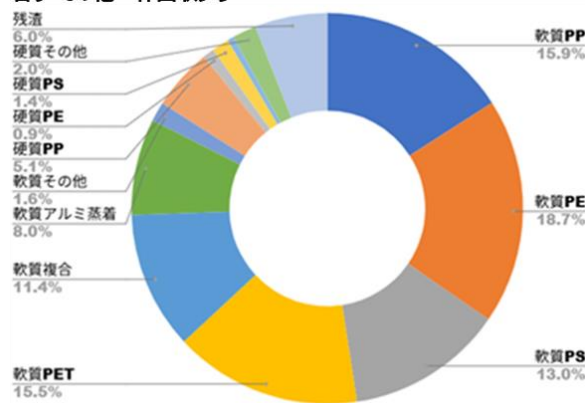
2.1.3 調査結果

表 2.3 に今回分類した廃プラスチックの素材組成、図 2.10 に各素材を分類した重量分率を算出した結果を示す。また図 2.11 に分類内訳の写真を示す。

表 2.3. 組成分析結果

			項目名	重量/割合		備考
容リその他プラ	軟質プラ	PP 単層	軟質PP	13.52	15.9%	活用可能性あり
		PE 単層	軟質PE	15.88	18.7%	
		PS 単層	軟質PS	11.04	13.0%	混合すると品質が落ちる
		PET 単層	軟質PET	13.18	15.5%	混合すると品質が落ちる
		複合	軟質複合	9.68	11.4%	
		アルミ蒸着	軟質アルミ蒸着	6.76	8.0%	混合すると品質が落ちる
		その他	軟質その他	1.37	1.6%	
	硬質プラ	PP	硬質PP	4.33	5.1%	活用可能性あり
		PE	硬質PE	0.80	0.9%	
		PS	硬質PS	1.20	1.4%	
		PET	硬質PET	0.47	0.6%	
その他		硬質その他	1.67	2.0%		
残渣		残渣	5.10	6.0%		
合計			85.00	100.0%		
埋立由来プラ	硬質プラ	PP 単層	硬質PP	7.02	46.7%	活用可能性あり
		PE 単層	硬質PE	2.34	15.6%	
		PS 単層	硬質PS	0.14	0.9%	
		PET 単層	硬質PET	0.18	1.2%	
		その他	硬質その他	5.04	33.6%	
	残渣		残渣	0.30	2.0%	
	合計			15.02	100.0%	

容リ・その他一体回収プラ



埋め立てるしかないごみ由来プラ

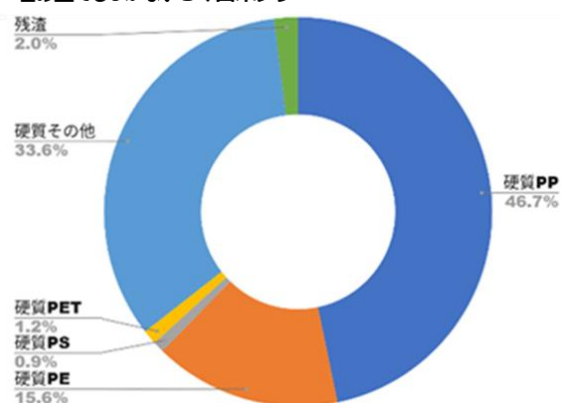


図 2.10. 重量分率

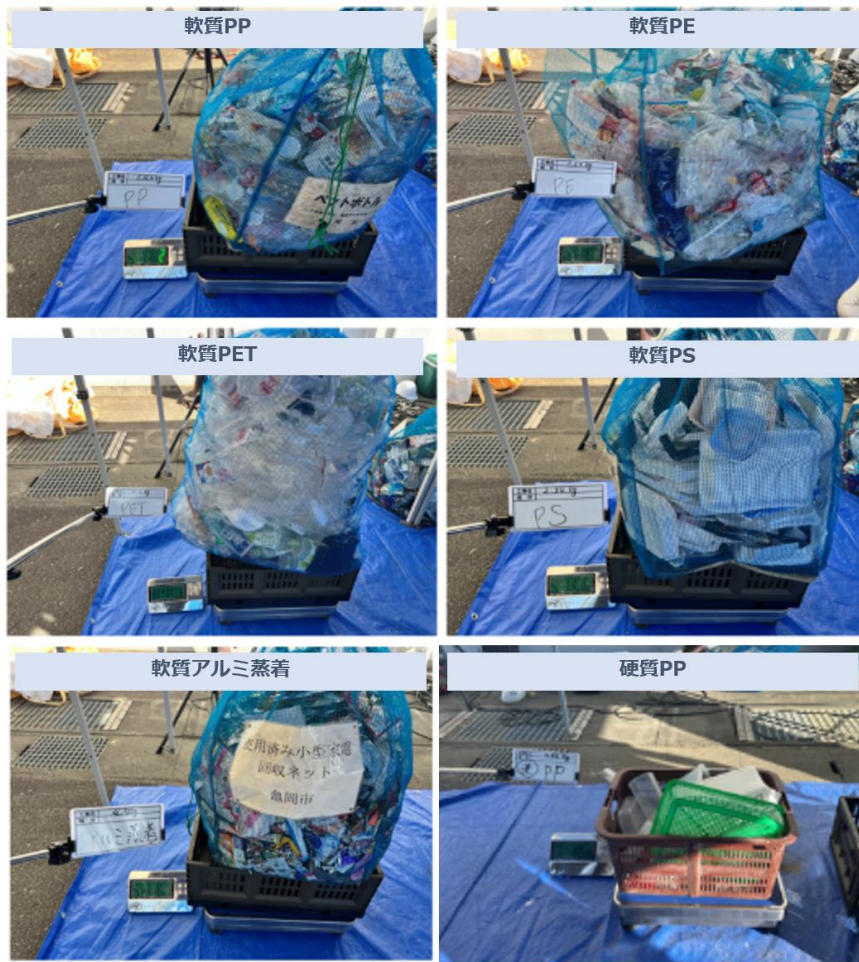


図 2.11. 「活用可能性あり」「混合すると品質が落ちる」と判断された製品の写真

分析の結果、「容器包装プラスチック及びその他プラスチック」に含まれる素材の内訳は、軟質プラスチックでは PE が約 18.7%、PP が約 15.9% とオレフィン系樹脂が比較的高い割合を占めていた。一方で、PS (約 13.0%)、PET (約 15.5%)、アルミ蒸着素材 (約 8.0%) 等の異樹脂や複合素材も一定割合含まれていることが確認された。

また、硬質プラスチックでは PP が約 5.1%、PE が約 0.9% 程度確認されており、家庭から排出されるプラスチックの中には、1.4 節に示す自動車内装部品材料として転用ポテンシャルの高いオレフィン系樹脂が一定量含まれていることが確認された。一方で、実際の分別作業においては、これらの素材を市民が外観のみで判別することは必ずしも容易ではないことも確認された。例えば、以下のような事例が分別を難しくする要素として見出された。

- ・ 同じ用途の包装材でも PP、PE、PET など異なる素材が使用されていること
- ・ アルミ蒸着フィルムなど複合素材が外観では判別しにくいこと
- ・ 材質表示が小さく、市民が素材表記を確認して分別することが難しいこと

2.2 イベント回収トライと影響評価

組成分析で得られた結果を基に、自動車内装部品向けに適正なターゲットとなるプラスチック（表 1.2 サンプル3 となる）のみを分別回収するための実証実験として、市民参加型の拠点回収を実施した。

2.2.1 実施概要

既存の古紙回収ステーション「エコゲート」（日本紙業（有））のインフラを活用し、有人管理下での回収を行うことで、高品質な資源回収を試みた。

表 2.4. 分別回収実施内容詳細

実施期間	11月24日～12月14日（3週間）
実施場所	エコゲートかめおか駅前（亀岡市北古世町2丁目189番1）
運営時間	10：00～16：30
運営体制	有人による立会い回収。回収時間外はテント及び回収容器（フレコンバッグ）を撤去し、異物混入を防ぐ運用とした。



図 2.12. エコゲートかめおか駅前外観/内観写真

この回収では、2.1.3 項に示した組成調査の結果で自動車内装部品材料への転用ポテンシャルが大きいと判断された PP 及び PE を主たるターゲットとし、表 2.5 に示す基準で回収を行った。

なお、回収対象品目はその物性の違いに応じて軟質素材と硬質素材の 2 種類に分類した。軟質 PP/PE は薄膜・フィルム状で成形性に優れ、硬質プラスチックは剛性が高く構造部材への適性を持つという特性の差が、再生後の用途や処理工程に直接影響するためである。この分類を起点とすることで、素材ごとの品質均質性を担保しながら、自動車内装部品への再生利用に向けた選別精度の向上を図ることとした。

表 2.5. 回収可否の基準

回収の可否	回収可否の判断基準	ターゲット（具体例）
回収対象品目	再生処理工程において素材の均質性が確保しやすく、自動車内装部品へのリサイクル適性が高い	軟質 PP/PE <ul style="list-style-type: none"> ・ 詰め替え用洗剤パックの外袋 ・ 菓子パンの袋など 硬質プラスチック（PP・PE 混合可） <ul style="list-style-type: none"> ・ 洗面用具 ・ 収納用具 ・ おもちゃ ・ 衣装ケースなど ボトル類 キャップ・ふた類
回収不可品目 （NG 品）	素材の複合性や異物混入により自動車内装部品への再生処理が困難	<ul style="list-style-type: none"> ・ PET ボトル ・ 食品トレイ（発泡スチロール等） ・ 卵パック ・ アルミコーティングされたもの（スナック菓子袋等） ・ 透明なトレイ ・ カップラーメン容器 ・ 金属や電池を含む製品

回収プラスチックの品質確保及び NG 品混入防止のため、プラスチックを持ち込む市民には次の 2 点をお願いした。

- ・ 不純物混入防止のため、食品汚れや土砂汚れを水洗いし、乾かした状態にする
- ・ 飛散防止のため、透明な袋に入れた状態にする

また、市民が持ち込んだプラスチックは、現地スタッフが確認した後、フレコンバッグへ投入することとした。



図 2.13. 臨時回収拠点の設置

2.2.2 周知及びインセンティブ

本実証実験は、市民の自発的な分別行動に依存するため、周知活動と参加インセンティブを用意した。

まず、周知活動として次の三項目を実施した。

- ・ 亀岡市公式 LINE、ホームページでの告知
- ・ 近隣自治会へのポスティング（3000 世帯）
- ・ 既存のエコゲート利用者へのチラシ配布

また、参加インセンティブとして、通常亀岡市では家庭ごみを排出する際には市の指定ごみ袋を購入して使用する必要があるが、本実証では協力者に対し、リサイクルプラスチックを配合して製造された亀岡市指定ごみ袋をノベルティとして無償配布した。

これは、市民にとって通常購入が必要なごみ袋を無償で受け取ることができるため、家庭のごみ処理に係る費用負担の軽減につながるという具体的なメリットを提示するものである。

本実証では、このような実用性のあるインセンティブを設定することで、市民の参加動機の強化につながるかを検証した。



図 2.14. ノベルティ用ごみ袋（亀岡市由来のプラ利用）

プラ容器/プラ製品の 試験回収を行います



この度亀岡市では環境省の「令和7年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業（うち、プラスチック等資源循環システム構築実証事業）」に採択され、自動車材料としての活用に向けたプラ資源の回収実証を実施することとなりました。より高度な資源循環モデルの実装に向けてご協力をお願いします。



11月24日～12月14日
10:00～16:30



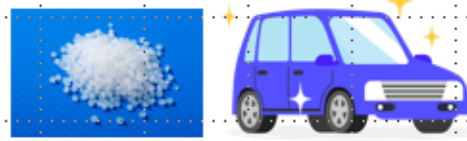
@エコゲート亀岡駅前
協力いただいた方へリサイクルプラで
作ったごみ袋をお渡しします！

回収目的

①自動車材料に向いている
プラの分別回収



②自動車向けのプラ原料へ
リサイクル



回収したプラスチックは自動車材料への
素材活用に向けた研究に使用されます。

回収方法

■試験回収詳細

期間：11月24日～12月14日
場所：エコゲートかめおか駅前
住所：北古世町2丁目189番1
時間：10:00～16:30
回収対象：チラシ裏面の通り
※洗浄済みの上、透明袋に入れて
お持ち込みください。



お問合せ

亀岡市環境先進都市推進部 サークュラーエコノミー推進係
亀岡市安町野々神3番地 0771-25-5023

図 2.15. 配布チラシ（表面）

回収対象のプラ容器/製品



ボトル類
(洗ってください)



外袋・ラベル類



キャップ・ふた類



ペットボトルキャップ
ラベル



収納用具・風呂・洗面用具など



調理器具・台所用品など



文房具・おもちゃなど



衣装ケースなど

★お願い

- ・食品汚れや土砂汚れなどは水洗いをして、乾かしてからお持ち込みください。
- ・容器類は飛散しないよう透明袋に入れてお持ち込みください。

★注意事項

- ・対象品目以外は持ち込まないでください
- ・家庭から持ち込まれたプラが対象なので、事業所からの搬入は行わないでください。



次のモノは回収対象ではないので、
通常のプラごみ収集にて回収をお願いします。
※これらのプラは今回は自動車材料へは適合しないため回収しておりません。



アルミコーティングされたもの
(スナック菓子/洗剤など)



卵パック



ペットボトル



食品トレイ



透明なトレイ



カップラーメン容器



電機や電池で動くもの



危険物等

図 2.16. 配布チラシ (裏面)

2.2.3 アンケート調査と運営について

分別回収施策の有効性と今後の展開に向けた課題を抽出するため、来場者に対してアンケート調査を実施した。

(1) アンケート調査項目

来場者の属性及び行動変容の要因を分析するためにアンケート調査を実施した。アンケート項目と設問の狙いを表 2.6 に示す。なお、回答内容は統計処理し、個人が特定されない形で集計・分析を行った。

表 2.6. アンケート項目と設問の狙い

設問・選択肢		設問の狙い
属性	性別 年齢 居住地域（町名単位）	参加者層の傾向を把握し、今後の広報・普及活動におけるターゲット設定の精度向上に活用する
来場のきっかけ	ホームページ チラシ LINE 知人の紹介等	情報伝達経路の有効性を評価し、次回以降の広報手段の選択・改善に反映する
来場理由	実証実験の内容（自動車リサイクル）への興味 プラスチックごみの置き場に困っていた ノベルティ（ごみ袋）が魅力的だった 市の事業への協力意欲	参加動機の分布を把握することで、回収量拡大に向けた効果的なインセンティブ設計や事業訴求ポイントの検討に活用する
来場頻度	（数字記入）	リピーター率を把握し、継続的な参加を促す施策の検討材料とする
分別のわかりやすさ	5段階評価 （分かりやすい、普通、分かりにくい）	現場での分別案内・表示の改善点を特定し、回収品質の向上に反映する
分別誤り、不明点などあればその理由	（自由記述）	NG品混入の原因や誤解が生じやすい品目を把握し、案内資材や現地スタッフの対応改善に活用する
今後の参加意向	継続的な参加希望 ・有 ・無	事業の継続性・拡張性を見通すための基礎データとして活用するとともに、参加意向が低い層への働きかけ方を検討する
その他、ご意見、ご要望など	（自由記述）	定量項目では捉えきれない参加者の率直な意見を収集し、事業運営全般の改善に幅広く活用する

ご来場者様 アンケート

この度は実証実験にご協力いただきありがとうございます。
よろしければ下記アンケートにご協力ください。

■ご来場者情報

性別	<input type="checkbox"/> 男性 <input type="checkbox"/> 女性 <input type="checkbox"/> その他 <input type="checkbox"/> 無回答
年齢	<input type="checkbox"/> 10代 <input type="checkbox"/> 20代 <input type="checkbox"/> 30代 <input type="checkbox"/> 40代 <input type="checkbox"/> 50代 <input type="checkbox"/> 60歳以上
お住まいの地域	<input type="checkbox"/> 馬路町 <input type="checkbox"/> 千歳町 <input type="checkbox"/> 曾我部町 <input type="checkbox"/> 千代川町 <input type="checkbox"/> 本梅町 <input type="checkbox"/> 畑野町 <input type="checkbox"/> 東本梅町 <input type="checkbox"/> 宮前町 <input type="checkbox"/> 篠町 <input type="checkbox"/> 西別院町 <input type="checkbox"/> 大井町 <input type="checkbox"/> 旭町 <input type="checkbox"/> 保津町 <input type="checkbox"/> 東別院町 <input type="checkbox"/> 穂田野町 <input type="checkbox"/> 余部町 <input type="checkbox"/> 上矢田町 <input type="checkbox"/> 下矢田町 <input type="checkbox"/> 南つつじヶ丘 <input type="checkbox"/> 西つつじヶ丘

■実証について

ご来場になったきっかけ	<input type="checkbox"/> ホームページ <input type="checkbox"/> 雑誌・チラシ <input type="checkbox"/> 亀岡市LINE <input type="checkbox"/> ポスター/のぼり <input type="checkbox"/> 知人 <input type="checkbox"/> その他 () ※複数回答可						
ご来場いただいた理由	<input type="checkbox"/> 実証実験の内容（ブラごみ⇒自動車材料へリサイクル!）に興味があったので <input type="checkbox"/> ブラごみの置き場に困っていたので <input type="checkbox"/> ノベルティ配布が魅力的だったので <input type="checkbox"/> 亀岡市の事業に協力したかったので ※一番当てはまると思われるものをご選択下さい						
ご来場の頻度	_____回目						
分別の方法について	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: none;"> ----- </td> <td style="width: 33%; border: none;"> ----- </td> <td style="width: 33%; border: none;"> ----- </td> </tr> <tr> <td style="border: none;">分かりやすい</td> <td style="border: none;">普通</td> <td style="border: none;">分かりにくい</td> </tr> </table> ※当てはまる部分に○をしてください。	-----	-----	-----	分かりやすい	普通	分かりにくい
-----	-----	-----					
分かりやすい	普通	分かりにくい					
分別誤り・不明点などあればその理由							
同イベントが開催されたら	<input type="checkbox"/> また来たい <input type="checkbox"/> 近所で開催されれば来たい <input type="checkbox"/> もう来ない						

その他、ご意見ご要望ご感想などお聞かせください

ご協力ありがとうございました。

図 2.17. 配布アンケート

(2) 運用管理

期間中、エコゲートかめおか駅前ではスタッフが常駐し、持込物の目視確認を行った。マニュアルに基づき、危険物（ライター、刃物等）や電子機器、不審物はその場で返却または別保管とする対応をとった。

(3) 運用管理

亀岡市は京都府内3位の人口規模（約8.6万人）を有するが、高齢化率は31.7%と全国平均（29.1%）・京都府平均（29.4%）をともに上回り、人口の3人に1人が65歳以上という状況にある。生産年齢人口比率も56.6%と全国平均を下回っている。

表 2.7. 亀岡市年齢階層別人口

年齢階層	男性（人）	女性（人）	合計（人）	男性比率（%）	女性比率（%）	合計比率（%）
0～4歳	1,371	1,379	2,750	5.6	5.7	5.6
5～9歳	1,781	1,631	3,412	7.3	6.7	7.0
10～14歳	2,029	1,917	3,946	8.3	7.9	8.1
15～19歳	2,154	1,968	4,122	8.8	8.1	8.4
20～24歳	2,143	2,119	4,262	8.8	8.7	8.7
25～29歳	1,829	1,751	3,580	7.5	7.2	7.3
30～34歳	1,930	1,895	3,825	7.9	7.8	7.8
35～39歳	2,260	2,189	4,449	9.2	9.0	9.1
40～44歳	2,598	2,585	5,183	10.6	10.6	10.6
45～49歳	3,012	2,930	5,942	12.3	12.0	12.2
50～54歳	3,302	3,232	6,534	13.5	13.3	13.4
55～59歳	2,708	2,866	5,574	11.1	11.8	11.4
60～64歳	2,539	2,800	5,339	10.4	11.5	10.9
65～69歳	2,602	2,965	5,567	10.6	12.2	11.4
70～74歳	3,059	3,406	6,465	12.5	14.0	13.2
75～79歳	3,037	3,501	6,538	12.4	14.4	13.4
80～84歳	2,022	2,503	4,525	8.3	10.3	9.3
85～89歳	1,031	1,505	2,536	4.2	6.2	5.2
90～94歳	351	875	1,226	1.4	3.6	2.5
95～99歳	58	321	379	0.2	1.3	0.8
100歳以上	4	51	55	0.0	0.2	0.1
合計	41,820	44,389	86,209	100.0	100.0	100.0

（出典）総務省 住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数（外国人含む）

2.2.4 持ち込み状況と住民アンケート結果

(1) 持ち込み件数について

持ち込み件数としては全 21 日間で再来場を含めて、延べ 199 組の来場があり、1 日平均 9.4 組となった。傾向として土日の持ち込みが多く、雨や寒い日には持ち込み件数が下がるという傾向がみられた。持ち込み方法は主に自動車で、自転車、徒歩での持ち込みも一部見られた。

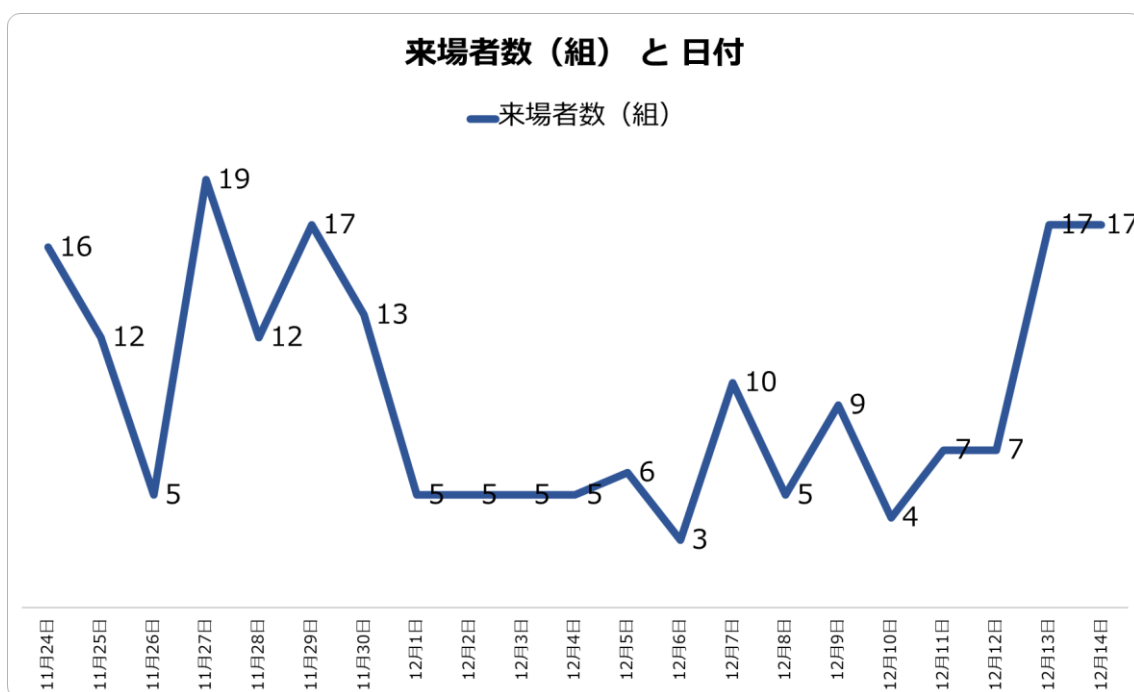


図 2.18. 来場者組と日付

(2) 持ち込み者の地域属性について

持ち込み者の件数としては主に近隣地域（回収拠点から 3 km 圏内）である篠町からの持ち込みが多くみられた。それ以外にも拠点から 3 km 以上の距離からも持ち込まれており、この結果から、生活動線上に位置する場合には、拠点から一定の距離があっても車での持ち込みが行われる可能性が示唆された。

※来場したがアンケート未回答の方も多くおられるため、来場組数とアンケート回答数は一致しない。

表 2.8. 来場者の地域属性

地域	件数 (件)	回収拠点からの直線距離 (km)
篠町	33	2.8
南つつじヶ丘	9	2.8
余部町	7	2.8
曾我部町	6	2.8
大井町	6	2.8
下矢田町	5	1.1
千代川町	4	4.4
保津町	3	4.2
西つつじヶ丘	2	1.0
稗田野町	2	2.5
宮前町	1	3.5
西別院町	1	7.3
千歳町	1	6.3
東本梅町	1	9.2
畑野町	1	4.9
未回答	47	-

(3) 来場きっかけについて

アンケート結果から来場きっかけについて、回答を整理したところ、一番上位は亀岡市の公式 LINE アカウントで 61 件あり、次いでチラシが 30 件であった。また、知人経由で本実証実験を知って持ち込みされた方も 10 件あり、口コミでの情報拡散もきっかけにつながる事が分かった。年代別だと若年層には効果が薄く、中高年に効果がある傾向が見られた。特に高齢層において LINE での配信によるきっかけが多いことは特筆すべき結果であった。

表 2.9. 来場きっかけ

来場きっかけ	10代	20代	30代	40代	50代	60代以上	件数(件)
亀岡市LINE	0	1	2	16	17	25	61
チラシ	1	0	2	7	5	15	30
亀岡市ホームページ	0	0	2	2	2	12	18
知人	0	0	0	4	2	4	10
その他	0	0	1	1	2	2	6
ポスター/のぼり	0	0	1	0	2	0	3
未回答	0	1	0	0	0	2	3
合計	1	2	8	30	33	55	131

(4) 来場動機について

主な来場理由については、「実証実験の内容に興味があった」という回答が 80 件と突出していた。これは、単なる廃棄物回収ではなく「プラスチックの資源循環」という具体的なプロセスへの関心の高さを示すものである。特に、「自分の出したプラスチックごみが自動車内装部品材料に生まれ変わる」というリサイクルの出口(用途)が明確化されていることが、市民の参加意欲を刺激したと考えられる。このことから、資源の行方が見える化されることは、市民が分別の手間を受け入れ、積極的に持ち込みを行うための強力なモチベーションに繋がり得るという傾向が示唆された。

また、「プラスチックごみの置き場に困っていた」という回答も 36 件と次いで多く、プラスチックごみ回収の日が限られていたり、大型の硬質プラスチックのように粗大ゴミや、不燃ごみ扱いで捨てなければならないプラスチックに関して回収できるということは市民にとっての利便性につながるということも分かった。またノベルティの配布については 10 件と、他の項目に比べては一番少ない件数となった。事業計画段階では、無償配布のごみ袋が来場の誘引として一定の効果を発揮し、全回答の 2～3 割程度がノベルティを動機として来場者すると想定していた。しかし実際には全体の約 1 割未満にとどまり、参加者の多くは環境意識や利便性といった内発的な動機に基づいて来場していることが示唆された。

年齢層別に見ると、若年層では実証内容への関心が主な動機である一方、中高年層ではごみ処理の利便性や地域貢献意識が来場動機として表れている。これにより、本実証は世代ごとに異なる動機に支えられて参加が促進されていることが示唆された。

表 2.10. 来場動機

来場動機	10代	20代	30代	40代	50代	60代以上	件数(件)
実証実験の内容に興味があった	1	2	5	19	19	35	81
プラスチックごみの置き場に困っていた	0	0	3	12	12	27	54
亀岡市の事業に協力したかった	1	0	2	4	6	13	26
ノベルティ配布が魅力的だった	0	0	2	8	0	2	12
未回答	0	0	0	0	2	0	2
合計	2	2	12	43	39	77	175

(5) 分別難易度について

分別難易度に関しては「分かりやすい」、「普通」、「まずまず分かりやすい」と回答された方が129件中の117件で全体の90%を占めており、今回の回収対象における分別内容は比較的分別をしやすいルールの中の一つであるということが分かった。

年齢層別に見ても同様の傾向が確認され、特に40代以上の層で「分かりやすい」との評価が多く、全体として世代を問わず受容可能な分別ルールであったことが示唆された。一方で、一部の中老年層において「わかりにくい」との回答も見られ、さらなる周知や分かりやすい表示の工夫が必要であると考えられる。

表 2.11. 分別難易度調査について

分別難易度について	10代	20代	30代	40代	50代	60代以上	件数(件)
わかりやすい	0	1	4	11	11	24	51
普通	1	0	4	11	11	22	49
まずまずわかりやすい	0	1	0	2	7	8	18
あまりわからない	0	0	0	5	0	2	7
わかりにくい	0	0	0	1	0	1	2
未回答	0	0	0	0	1	1	2
合計	1	2	8	30	30	58	129

(6) 次回の参加意欲について

次回以降も同イベントが開催された際に参加したいか？という質問については、「また来

たい」と答えた方が 101 件で、「近所で開催されたら来たい」と答えた方が 24 件となり、来場者のほぼ全組が次回の参加についても意欲的であるということが分かった。

表 2.12. 次回の参加意欲について

継続した参加について	件数 (件)
また来たい	101
近所で開催されれば来たい	24
未回答	4

(7) その他の要望・コメントについて

寄せられた自由記述回答を内容ごとに類型化し、表 2.13 に整理した。全体として事業への期待・支持を示す前向きなコメントが多くみられた。一方、改善として要望のあった、「場所のわかりにくさ」についてはチラシの中での地図表記を、わかりやすいデザインに変える、回収拠点の現地に大型の看板を出すといった対策が必要であると考えられる。

表 2.13. その他の要望・コメントについて

類型	主なコメント	件数 (件)
利便性・助かった	「実家の片付け中で助かった (女性・60 歳代)」 「大きなものだったので助かった (女性・60 歳代)」 「プラスチックごみの回収はありがたい (女性・40 歳代)」	4
環境・リサイクルへの共感	「まだ使えるのにもったいなかったが、リサイクルできるなら (女性・10 歳代)」 「環境を良くすることに協力したい (女性・50 歳代)」 「ごみの減量・再利用 (男性・60 歳代)」	3
事業への期待・拡充要望	「他箇所でも細かい分別回収を希望 (女性・40 歳代)」 「ぜひ成功させてください (女性・50 歳代)」 「金属類の回収もあればうれしい (男性・40 歳代)」	3
改善要望(アクセス)	「駐車スペース不明 (女性・60 歳代)」 「場所がわかりにくかった (女性・60 歳代)」	2

(8) 考察

① 回収拠点の有効性と今後の展開

本実証における回収拠点の設置場所については、回収物の品質確保及び安全性の観点から飛散・漏洩防止措置が講じやすい管理型拠点であることを重視し、有人管理体制と資源回

収の運用実績を有する日本紙業（有）が保有する資源回収拠点エコゲートを選定した。さらに、より多くの市民の利用を見込むため、亀岡市内の中心地であり公共交通及び自動車の双方からアクセスしやすい亀岡駅周辺の拠点を選定し、「生活動線上に配置することで市民の持ち込み行動を促進できるか」という仮説に基づき設置した。

- ・利便性の検証 : 近隣住民を中心に延べ 199 組の来場があり、地域拠点としての有効性が確認された。
- ・「生活動線」の重要性 : 回収拠点から 3 km 以上離れた遠方からも 9% 来場があった（12 件/129 件） 事實は、市民が車で立ち寄りやすい場所であれば排出行動に繋がることを示唆している。
- ・商業施設への展開 : 今後はスーパー等、「人の流れが多い場所」へ拠点を広げることで、回収量の飛躍的な増加が期待できる。
異物混入防止及び回収物の管理のしやすさの観点でも、警備員の見回りや従業員の監視の目があるスーパー等の拠点設定は適当であると考えられる。

② インセンティブの検証

- ・「物」による誘引の限界 : 亀岡市指定ごみ袋をノベルティとして無償配布することを動機とした来場は 10 件と最も少なく、物品報酬による集客効果は限定的であった。
- ・「実証」への共感 : 「実証内容への興味」が 80 件と突出しており、資源の出口を明確化した「ストーリー」への共感が動機となる可能性がある。
- ・今後の指針 : 自分の行動が自動車リサイクル（＝社会的問題の解決）に貢献したかという「情報フィードバック」を強化することが、持続可能な参加を促す鍵となる。

2.2.5 回収内容について

全体の回収重量としては、1,173 kg となった。内訳としては、硬質プラスチックが 1,123 kg（96%）、軟質プラスチックが 50.5 kg（4%）であり、容器包装関連のプラスチックよりも、大型の粗大ごみや製品プラスチックとなるプラスチックの持ち込みが多くみられた。

(1) 軟質プラスチック

回収対象品としては PP/PE が全体重量の 67% を占めていた。通常の亀岡市での分別回収物の組成調査結果（2.1.3 項表 2.3）において PP 及び PE が占める割合は 34.6% となっていることから、比較すると自動車材料向けにターゲットとなるプラスチックの回収を大幅に行うことができた。一方、回収 NG としていた PET、PS、アルミ蒸着物については全体

の16%程度の混入が見られた。特にPSやPETについては食品トレイやペットボトルが特定の袋に多く入っており、一部の袋に特定素材が集中していたことから、排出ルール理解度に個人差があり、チラシに記載はあるが細部まで確認されていないなど周知方法の課題が示唆された。今回は市民の排出ルール理解度を把握するため、PS、PETなどのプラが入っていたとしても返品するような対応を行っていないが、受付時のコミュニケーションによって適正な排出ルールをアナウンスするといった対応を行うことでも認知/理解が促進されると考える。



図 2.19. 軟質プラスチック内訳写真

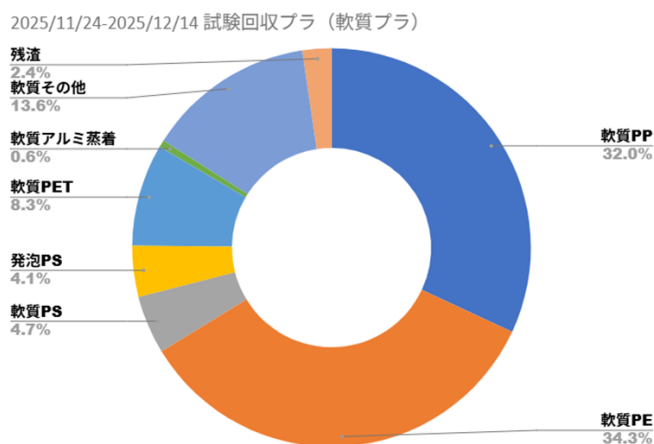


図 2.20. 軟質プラスチック内訳

(2) 硬質プラスチック

硬質プラスチックについては、衣装ケースやバケツなどの製品プラスチックの持ち込みが多くみられた。年代も古く家で保管してあったが捨てられずに保管していたものなどを持ち込みが多く確認された。



図 2.21. 硬質プラスチック写真

2.3 組成分析と市民参加型の分別回収手法のまとめ

組成分析に基づくターゲット設定と市民参加型の分別回収手法は、自動車内装部品用途に適した原料確保の一手法として有効である可能性が示された。

有効性の根拠として、以下の点が挙げられる。第一に、回収量・品質の面では、3週間の実証期間で延べ199組、計1,173kgの回収を達成し、軟質プラスチックにおけるPP/PE比率は67%と、通常のスーション回収(34.6%)の約2倍に達した。第二に、市民参加の面では、来場者の90%が「分別しやすい」と評価し、次回参加意欲も125件中101件(約80%)が「また来たい」と回答するなど、継続的な参加を前提とした仕組みとして機能した。第三に、動機の面では、参加者の最大動機が「実証内容への興味(81件)」であり、リサイクルの出口(自動車内装部品)を明示することが市民の主体的な分別行動を引き出すことが示された。これらを総合すると、組成分析に基づくターゲット設定と市民参加型の分別回収の組み合わせは、高品質な再生原料確保の手法として有効性が確認されたといえる。

本実証は数量の確保を目的の一つに置いており、そのためには容器包装プラスチックの大半を占める軟質プラスチックの活用は不可欠である。そのため令和7年度の実証では高品質な軟質プラスチックを主眼としていたが、実際には大型の硬質プラスチックが想定以上の割合を占める結果となった。この結果を踏まえ、今後は市民への品目周知を徹底するとともに、指定袋に入るサイズへの限定など、目的の素材を確実に集める集荷スキームの検討が必要である。これらを課題とし、令和8年度以降はターゲットプラスチックをより市民が家庭の中で素材ごとに分別する、手で洗うといった作業を行った状態での選別・原料化を目指す。具体的には、亀岡市内での市民回収と手選別を組み合わせ、高い精度で回収することで、自動車内装部品への社会実装に向けた原料化検証を深めていくこととする。

3 容器包装廃プラスチックの選別・異物除去検討

本章では、(株) 富山環境整備及び永興物産(株)にて実施した、容器包装プラスチックの選別工程、コンパウンド工程における異物の除去検討の結果について報告する。

3.1 選別工程の最適化によるPP純度向上検討

(株) 富山環境整備にて、容器包装プラスチックの処理工程における、光学選別機の条件最適化による、PP純度への影響把握を実施した。

3.1.1 実施概要

本実証では、軟質及び硬質PPをメインターゲットとした選別の最適化を行うことを目的に、光学選別機のエアによる3種選(図3.1)にて、その効果検証を行った。

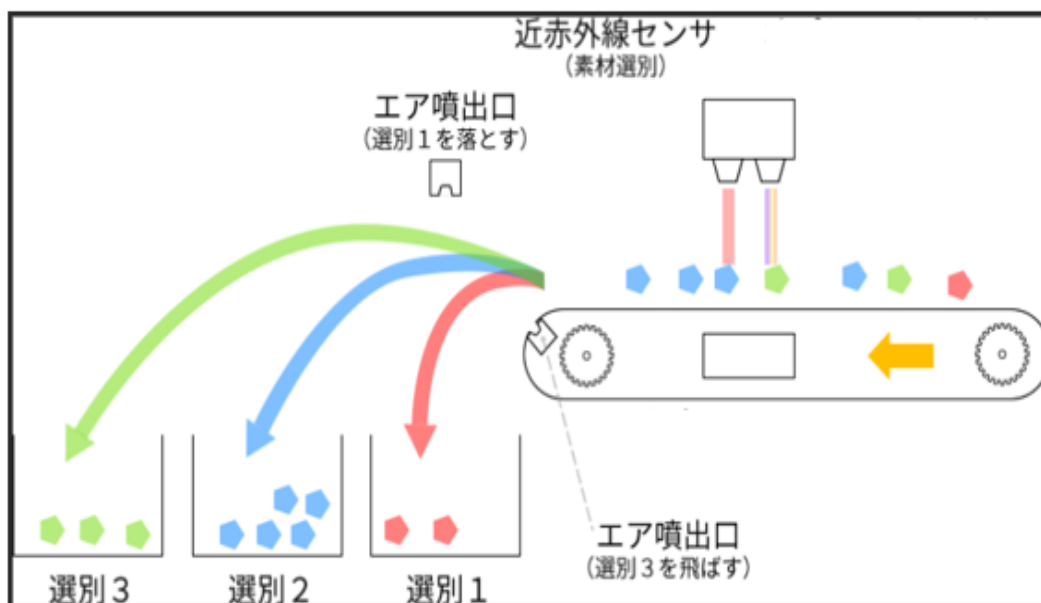


図 3.1. 3種選のイメージ

(株) 富山環境設備における容器包装廃プラスチックの処理フローを、図 3.2 に示す。前処理工程にて主にPPバンドや針金によって梱包されたボール(図 3.3)を解砕機にて解砕し、ゴミ袋に入っている袋の破袋を行い、磁選機・高磁選機の2回の磁力選別にて金属(発火の恐れのあるリチウム電池等)を取り除き、最後に破袋された袋を除袋機にて取り除き、選別工程のプロセスへ投入される。

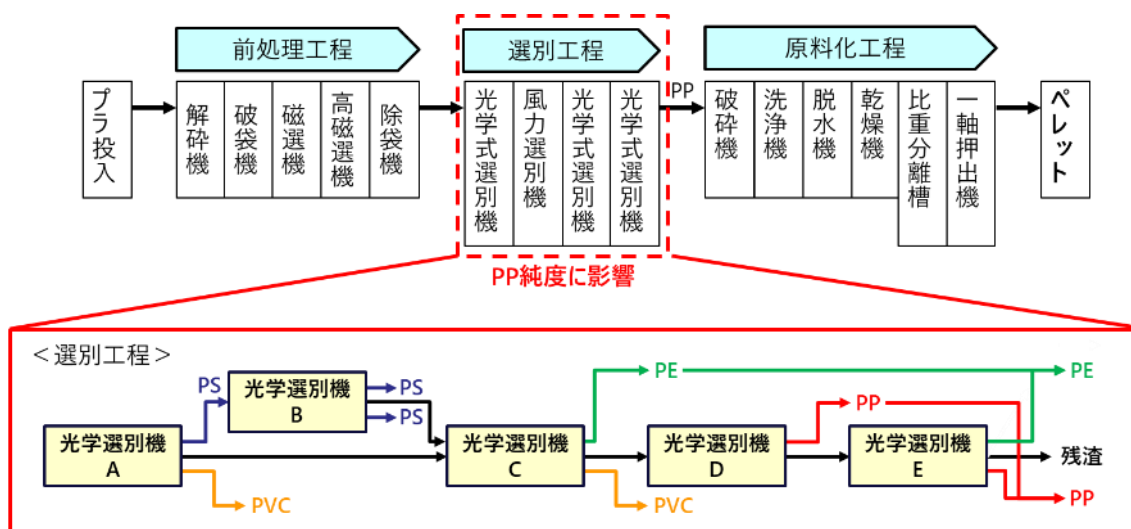
選別工程では、図 3.2 のとおり、5回の光学選別機を通るプロセスとなっており、各光学選別機では図 3.2 に示すとおり3種選別を行い、樹脂種を選別している。

3種選の内容は、エアを利用した選別により「打上げ」「打ち下ろし」「それ以外(何もしない)」となっており、樹脂の選別精度の高い順に「打上げ」⇒「打ち下ろし」の順

となっている。

選別工程中で選別対象の樹脂を2段階で「打上げる」ことが可能となっている工程は、光学選別機 A⇒光学選別機 B のプロセスのみである。

現状の条件下で、PP をメインターゲットとした選別の最適化（PP 純度向上）及び、リサイクル対象としている PP 以外の樹脂種の混入率低減（異物）を目指して、選別工程における選別順序、及び3種選別の「打上げ」「打ち下ろし」対象の設定調整による純度向上検証を実施した。



(出典) (株) 富山環境整備 会社案内記載「処理フロー」を基に作成

図 3.2. 富山環境整備の容器包装廃プラスチック再商品化工程



図 3.3. 圧縮梱包バール（PP バンド・袋梱包（左）、針金梱包（右））

3.1.2 選別・原料化設備

容器包装廃プラスチックを選別して原料化する設備のうち、主な設備の概要を表 3.1 から表 3.7 に、外観を図 3.4 から図 3.10 に示す。

表 3.1. 光学選別機の概要

メーカー	ペレンク ST ジャパン (株)
機種	ミストラル 2000, 2400, 2800
仕様	3 種選別
特徴	PP、PE、PS など様々な材質が混在する容器包装のリサイクルラインで近赤外線センサが素材を選別し、エアースプレーで対象物を吹き飛ばして選別



図 3.4. 光学選別機

表 3.2. 風力選別機の概要

メーカー	(株) 御池鐵工所
機種	風力選別機 (バリオセパレーター) 10 エLEMENT型
特徴	本体傾斜角度・回転数・風力調節・ELEMENT枚数・スクリーン穴の大きさにより、プラスチック資源を軽量物、微細物、重量物の3つに選別



図 3.5. 風力選別機

表 3.3. 破碎機の概要

メーカー	ウエノテックス (株)
機種	破碎機 UFP-160X
特徴	破碎刃とスクリーンにより、選別した樹脂を破碎し、付着している異物とを分離



図 3.6. 破碎機

表 3.4. 洗浄機の概要

メーカー	(株) 御池鐵工所
機種	洗浄機 MRS-80150
特徴	破碎したプラスチック資源を水で洗浄し、付着している汚れや異物を除去



図 3.7. 洗浄機

表 3.5. 比重分離槽の概要

メーカー	(株) 御池鐵工所
機種	比重分離槽
特徴	洗浄したプラスチック資源を水槽に通すことで異物として混入している金属や比重の重い樹脂を選別



図 3.8. 比重分離槽

表 3.6. 乾燥機の概要

メーカー	日本シーム (株)
機種	熱風攪拌式乾燥機
特徴	洗浄・比重分離後のプラスチック資源を熱風と攪拌効果で乾燥 熱風による攪拌と脱揮を繰り返し、さらにプラスチック資源を浮遊させ乾燥効果を高める



図 3.9. 乾燥機

表 3.7. 一軸押出機の概要

メーカー	エレマジヤパン (株)
機種	インタレマ 1512
仕様	一軸押出



図 3.10. 一軸押出機

3.1.3 検討方法

通常、(株) 富山環境整備では前項図 3.2 に示すプロセスにて光学選別機による樹脂の選別を実施している。

通常のプロセスでは、QC アナライザー (図 3.11) にて読み取った自治体のプラスチック圧縮バールの組成比を基に、搬入物の中で組成比率の高い PE (図 3.12) を主なターゲットとしているため、現状では本事業でターゲットとする PP の選別が困難である。



図 3.11. QC アナライザー

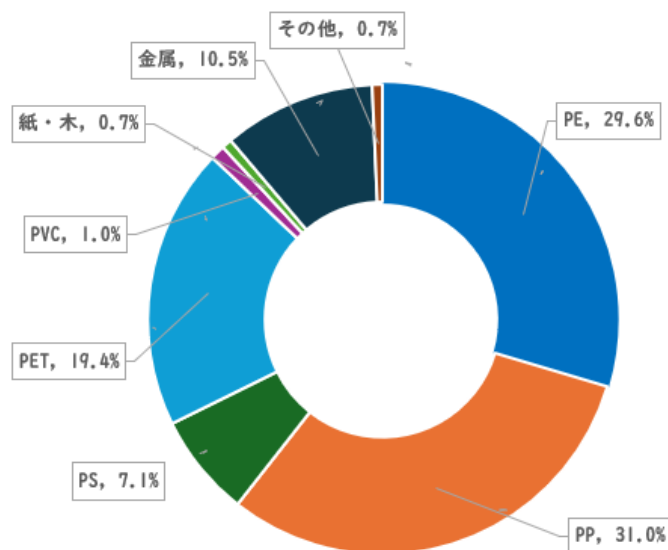


図 3.12. プラスチック圧縮バール組成比 (QC アナライザー測定値)

現状のプロセスにおいてリサイクル PP ペレットを生産する場合、(株) 富山環境整備の 2025 年の処理実績から、平均して 10%以上の PS や PET といった異なる樹脂種が混入していることが分かっている。

また 2 章の組成分析の検討で、容器包装廃プラスチックには、排出段階で付着する石や土、内容物の保護、保存のためにアルミ箔やアルミ蒸着等が張り合わされるなど、プラスチック以外の異物も混在していることも確認されている。(図 2.10)

このため、純度の高い PP を回収することを目的として、異物を①石や土等の「非プラスチック異物」、②PS、PET、PVC 等の「異なる樹脂種」、③複合材 (アルミ箔、アルミ蒸着等) による「金属異物」の 3 種に分類し、それぞれの除去を念頭に、選別条件、順序の検討を行った。

異物のうち、②の PS、PET、PVC 等の異なる樹脂種及び③の金属異物は、次工程の原料処理において問題を引き起こす可能性が高いと推測される。

PS の混入は、揮発性有機化合物 (VOC) の一つであるスチレンの発生につながる懸念があるほか、PET、PVC 及び金属異物については、図 3.2 の原料化工程でのペレット製造時、及びコンパウンド工程において、異物除去のためのスクリーンメッシュ²の目詰まりの発生や、におい、物性低下の原因となる可能性がある。そのため、PS については、処理プロセスの前段階での除去を必須とし、以降の打ち下ろし工程には PVC と併せて PET 等を含めるよう条件の調整を行った。その上で、最適な選別順序の検証のために実施した計 3 パターンのトライ条件の考え方を表 3.8 に、処理フローを図 3.13 に示した。

² 押出機内で発生する溶融樹脂中の未溶融樹脂・炭化物・ゲル状物などの異物除去のために用いられるフィルター

表 3.8. トライ条件の考え方

<p>(参考) 現在の選別工程</p>	<p>特に後工程への影響の大きい PS を前半の光学選別機 A、B にて選別後、光学選別機 C にて PE を選別、その後光学選別機 D にて PP を選別し、最後に再度 PE を選別し、得られた PS、PE、PP を商品化</p>
<p>パターン①</p>	<p>PP の選別工程を選別機 C に前出しすることで、コンベア上の廃プラスチック総量の多い段階で PP を除去することによる、PP 純度への影響を検証</p>
<p>パターン②</p>	<p>光学選別機 C にて PE だけでなく再度 PS も除去し、コンベア上の廃プラスチックから極力 PP 以外の樹脂を除去した後に PP を選別することによる、PP 純度への影響を検証</p>
<p>パターン③</p>	<p>光学選別機 A にて PP を選別後、選別した PP を更に光学選別機 B に選別する二段階選別を実施することによる、PP 純度への影響を検証 (本来 PS の除去後に二段階選別を実施すべきではあるが、二段階選別は光学選別機 A、B のみで可能かつ、光学選別機の順序を物理的に組み替えることは困難なため、PS は除去された状態を前提とした仮想条件として実施)</p>

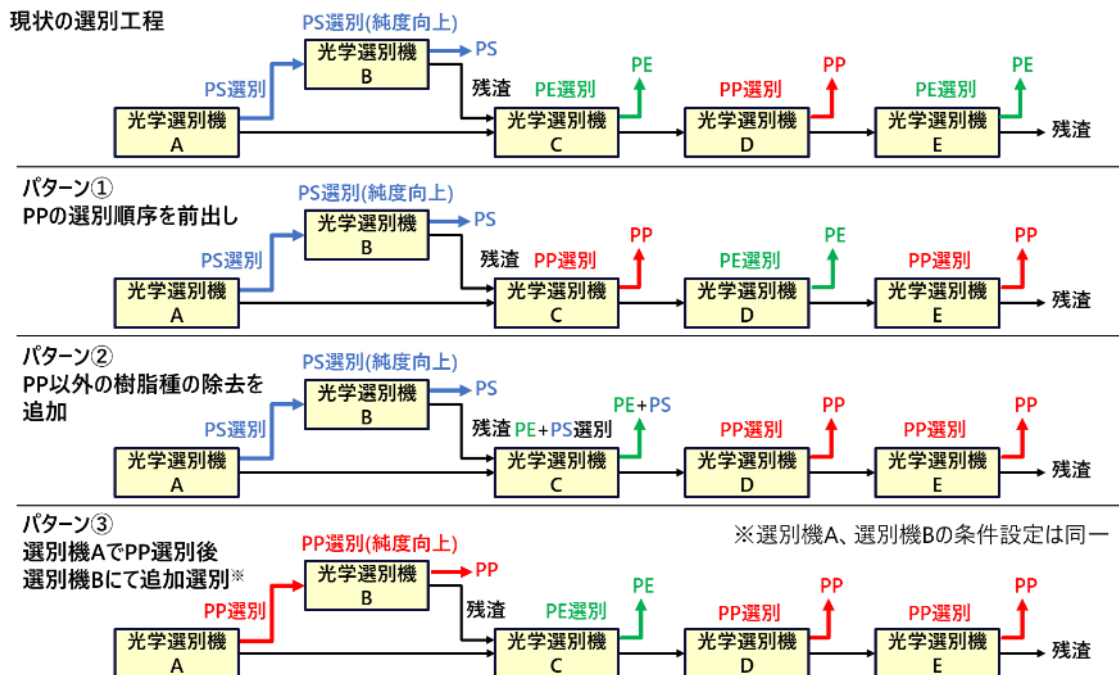


図 3.13. 選別工程最適化検討パターン

なお、アルミ箔やアルミ蒸着された層と PP や PE 等の樹脂層が張り合わされた複合材由来の金属異物については、光学選別機が対象物の表面の赤外線反射を検知して樹脂種を特定する仕組み上、測定部が金属面であるかプラスチック面であるかによって、選別結果が異なることが分かっており、現状の光学選別工程では除去が困難だと考えられてきた。

本実証では、通常処理能力（3 t/h）の半分に処理速度を落とすことで、対象に対して赤外線が照射される機会を増やし、コンベア上で廃プラスチックが動く中で、金属面が赤外線照射面に来た際に除去することができるかについても検証を行った。

さらに、上記パターン別に製造されたサンプルに対して、表 3.9 に示す手法にて組成分析を行い、結果を確認した。

表 3.9. 組成分析方法

測定方法	¹ H-NMR 測定
標準物質	ポリジメチルシロキサン
溶媒	重水素化テトラクロロエタン
測定温度	120℃
測定方法詳細	<p>オルトジクロロベンゼンを使用し PP、PE、PS を溶解 ろ紙を使用して不溶物（PP、PE、PS 以外）と溶解物に分離後、溶解物を NMR 測定 NMR により得られたエチレン、プロピレン、スチレンのピーク強度比より PP、PE、PS の成分比率を算出</p>

現状の処理プロセスで製造されたサンプルの平均組成（表 3.10）に対して最適化検証 3 パターンで選別された平均組成は、表 3.11 に示すとおりすべてのパターンで PP 純度の向上と PE、PS、PET 等の混入率の減少が見られた。

表 3.10. 現状の選別処理工程における製造品の組成（%）

樹脂種	サンプル採取月毎の組成調査結果				
	6月	7月	8月	9月	平均
PP	71	69	74	68	70.5
PE	23	24	19	24	22.5
PS	4	6	2	3	3.75
PET 等残渣	2	1	5	5	3.25

表 3.11. 最適化検証の選別処理における製造品の組成 (%)

樹脂種	現状平均	パターン①	パターン②	パターン③
PP	70.5	75.3	75.0	73.0
PE	22.5	23.0	18.3	23.1
PS	3.75	1.4	1.3	1.4
PET 等残渣	3.3	0.3	5.4	2.5

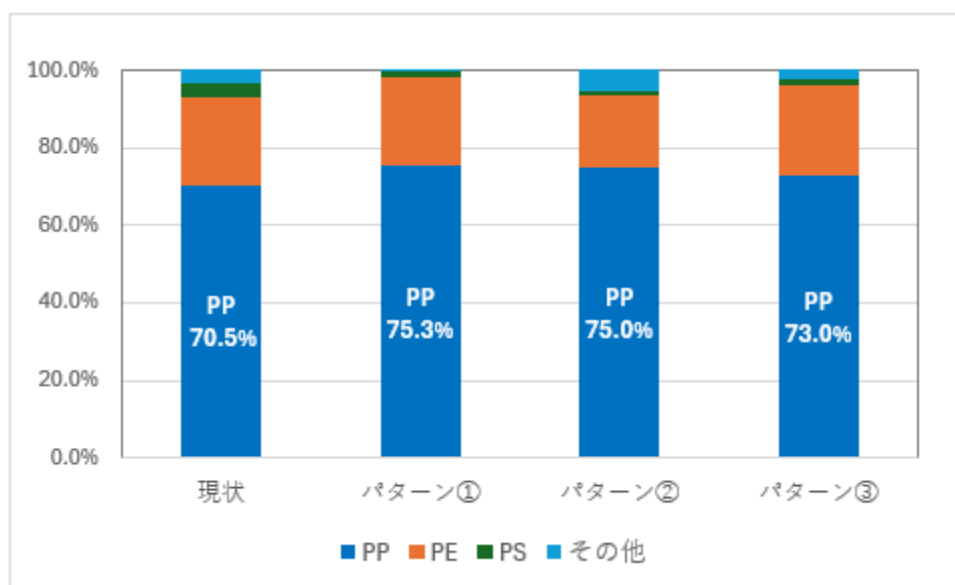


図 3.14. パターン別組成比

PP 純度においては、5%程度向上が見られ、PS については 2.3%程度減少し、現状平均と比較すると PS については半減以下になるという結果となった。

また、異なる樹脂種 (PET 等残渣) の混入率については、現状平均が 3.25%に対し、パターン①では 0.3%、パターン②では 5.4%、パターン③では 2.5%と、ばらつく結果となった。

その中でも PP 選別工程を現状より 1 つ前の選別機で行い、コンベア上の廃プラスチック総量の多い段階で PP を除去できるパターン①については、PP の純度が向上したことに加えて、PS、異なる樹脂種ともに含有量の減少が見られた。

一方、PP を対象に 2 回選別するパターン③では、PP 純度が他と比較して高く出ることが予想されたが、現状の数値よりは高い数値ではあったものの、パターン①、②にやや劣る結果となった。

また、プラスチック以外の異物除去については、石や土等の混入等の異物は、数回にわたる光学選別機及び洗浄工程の中で除去されることが、後述の第 5 章の異物の観察状況から確認された。

また PET、PVC、PS 等といった異なる樹脂種の混入を低減できる可能性が示唆されたものの、コンパウンド工程でのスクリーンメッシュの目詰まりが継続して発生していることから、更なる異物や異なる樹脂種の除去が必要であることが示唆された。

またアルミ箔、アルミ蒸着等の金属異物については、処理速度を落とすことによる除去可能性を検証したが、やはりプラスチック面と金属面を明確に区別することは困難であり、効果は確認できなかった。

金属異物の除去のため、静電分離装置によるアルミ分の除去についても検討したが、予備検証段階にて容器包装プラスチックが非常に軽量かつ表面積が大きい性質上、静電分離での選別が困難であること、またアルミ蒸着についても、選択的な選別の見通しが立たないことから、令和 7 年度はトライ設備を使用した検証は実施せず、今後展示会等にて新規選別技術の調査を行う中で、有効な手法が見受けられた場合には、追加での検証を実施していく。

令和 8 年度は、更なる異物除去に向けて、令和 7 年度検証できなかった（株）富山環境整備の二軸押出機と一軸押出機を連結したタンデム式押出設備の 2 段階レーザーフィルターメッシュによる異物や異なる樹脂種の除去率の向上検討、コスト検証を行う。

3.2 選別工程及びコンパウンド段階での異物除去検討

回収された容器包装廃プラスチックは、通常の再商品化工程での処理では、ペレット中に PP 以外の樹脂種やアルミ等の異物が残留し、機械物性、外観品質に大きく影響を及ぼす。

本実証では選別工程、及びコンパウンド段階での異物除去検討を行い、リサイクル PP ペレットの品質向上を目指している。

選別工程での異物除去については、3.1 節に示す（株）富山環境整備の選別工程における最適選別条件の検討の中で、石や土、金属異物の除去検討を実施した結果、更なる異物除去の必要性が示唆されたため、4.2.1 項に示す原料化工程に追加された押出機における、メッシュサイズの細かいフィルターによる異物除去を検討することとし、本節ではコンパウンド段階での異物除去検討結果について報告する。

3.2.1 実施概要

本実証では、回収された容器包装廃プラスチック（表 1.2 で示したサンプル 1、サンプル 2、サンプル 3）を原料としてプラスチック材料を製造する際に一般的な二軸押出機（以下、「エクストルーダー」という。）を用いて自動車内装部品の要求性能を確保したリサイクル PP ペレットをコンパウンドした。

コンパウンド段階においては、エクストルーダーのダイス部³にあるスクリーンメッシュによる異物除去検討を行い、生産性についても確認を行った。

³ 押出機先端にあり、押出機の中をスクリーで混練をされながら搬送されてきた樹脂が最後に吐出される部分

3.2.2 コンパウンド試作設備

リサイクル PP ペレットのコンパウンド試作に使用した設備の概要と外観をそれぞれ表 3.12 と図 3.15 に示す。また、試作条件を表 3.13 と図 3.16 に示す。

表 3.12. 試作設備（エクストルーダー）の概要

メーカー	(株) 池貝
機種	PCM30mm
仕様	二軸押出（2段ベント ⁴ ）
吐出	約 20~25kg/時間
スクリー回転	同方向非噛合い



図 3.15. 試作設備（エクストルーダー）

表 3.13. 試作条件

真空圧力	0.08MPa
スクリー回転数	230rpm
フィーダー回転数	20rpm
温度条件	図 3.16 参照

原料投入側											材料吐出側		
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	H	A	D
180℃	190℃	200℃	200℃	200℃	200℃	200℃	200℃	220℃	220℃	220℃	210℃	210℃	210℃

押出機では、適切な温度を樹脂にかけるためにシリンダー⁵に複数のヒータバンドを巻き、原料供給機下からダイス部までシリンダー位置毎に温度が変更できるようになっている。

C1～C10、H、A、D は、そのヒータバンド位置を示す。

なお、C5 は閉鎖ベント、C7 は大気解放ベント、C10 は真空ベント部である。

図 3.16. エクストルーダー温度条件

3.2.3 異物除去検討方法

スクリーンメッシュによる異物除去検討は、2025年6月から毎月回収された容リルート PP（サンプル1）、大臣認定ルート PP（サンプル2）の2水準に対する最適処方検討の中で、バージン材を70%混錬する際に併せて実施した。

⁴ 熔融樹脂中のガスや水分を抜く脱揮用開口部

⁵ 原料を加熱しスクリーで熔融・搬送する筒状部

メッシュサイズは、自動車内装部品製造時の射出成型機の成形条件等から 80 メッシュ⁶を通過していることが望ましいが、本実証前の予備検証の中で得られた、80 メッシュ以上では即座にベントアップ⁷してしまうという結果を基に、まずは 60×60 メッシュを基準として、異物によりベントアップが発生し、製造不可となるまでの時間を計測、短時間で目詰まりが発生する場合は、メッシュサイズを粗くしていき、継続製造可能なメッシュサイズの確認を行った。

各月のスクリーンメッシュの条件及び、生産性について、結果を表 3.14、表 3.15 にまとめた。

⁶ フィルターの網目の大きさを表す指標であり、1 インチに入っている線の数で表す。本報告書内では、1 インチに 60 本の線が入っているスクリーンメッシュを 60 メッシュと表し、60 メッシュを 2 枚重ねたものを 60×60 メッシュと表す。

数字が大きいほど細かく、小さいほど粗い。

⁷ スクリーンメッシュに異物が詰まることで、押出機内で溶融している樹脂が逆流し、ベント孔から噴き上がる現象。それにより樹脂圧が上がり、吐出（生産）できなくなること。

表 3.14. サンプル1のフィルタリング結果

○：生産完了 ×：ベントアップ発生 ()：括弧内の数字はベントアップまでの時間 -：未実施

メッシュサイズ	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
60×60 メッシュ	× (30秒)	× (6分)	× (1分)	× (5分)	× (1分)	× (1分)	× (1分)	× (2分)	× (3分)
40×40 メッシュ	× (7分)	○	× (10分)	○	× (10分)	× (10分)	× (10分)	× (3分)	× (7分)
40メッシュ	○	-	○	-	○ (1時間)	○ (1時間)	○ (1時間)	○ (1時間)	○ (1時間)
20メッシュ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 3.15. サンプル2のフィルタリング結果

○：生産完了 ×：ベントアップ発生 ()：括弧内の数字はベントアップまでの時間 -：未実施

メッシュサイズ	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
60×60 メッシュ	× (30秒)	× (4分)	× (3分)	× (3分)	× (1分)	× (1分)	× (1分)	× (1分)	× (1分)
40×40 メッシュ	× (2分)	× (30分)	× (19分)	○	× (10分)	× (10分)	× (2分)	× (4分)	× (3分)
40メッシュ	× (4分)	○	○	-	○ (1時間)	○ (1時間)	× (8分)	× (10分)	× (10分)
20メッシュ	○	-	-	-	-	-	○ (1時間)	○ (1時間)	○ (1時間)

60×60 メッシュでの検討では、サンプル1、サンプル2共に製造直後から、スクリーンメッシュへの異物のつまりに起因する、樹脂圧の上昇が確認された。

その後、30秒～4分以内でスクリーンメッシュが完全につまり、ベントアップが発生し、生産が困難な状態となった。



図 3.17. フィルタリング後の 60×60 メッシュの様子

60×60 メッシュではベントアップまでの時間が非常に短く、継続生産は困難と考え、メッシュ数を1段階粗くし、40×40 メッシュでの生産性を確認した。

40×40 メッシュにおいても、60×60 メッシュ同様に、サンプル1、サンプル2共に製造直後から、スクリーンメッシュへの異物のつまりに起因する、樹脂圧の上昇が確認された。

その後、2分～19分以内でスクリーンメッシュが完全につまり、ベントアップが発生し、生産が困難な状態となった。



図 3.18. フィルタリング後の 40×40 メッシュの様子

40×40 メッシュにおいても、ベントアップまでの時間が短く、継続生産は困難と考え、メッシュ数を更に1段階粗くし、40メッシュでの生産性を確認した。

サンプル1、サンプル2共にスクリーンメッシュへの異物の目詰まりはあるものの、殆どのサンプルにおいて、1時間以上ベントアップが発生せず、試作生産することができた。

しかしサンプル2の12月分、1月分サンプルについては、引き続き製造直後から、スクリーンメッシュへの異物のつまりに起因する、樹脂圧の上昇が確認され、その後、4分～10分以内でスクリーンメッシュが完全につまり、ベントアップが発生し、生産が困難な状態となった。

これは、通年で生産性を観察してきた結果から、回収される容器包装廃プラスチック原料の季節性によるばらつきではなく、前工程の選別段階での異物除去状態のばらつきによるものと推察される。



図 3.19. フィルタリング後の40メッシュの様子

いずれのスクリーンメッシュでの生産においても、サンプル1、サンプル2共に多くの異物混入が確認された。

自動車内装部品への適用を考えた場合、これらの異物を要因として、第5章に記載しており、JAMAの示す汎用PP①の要求物性（引張破断伸び15以上等）を満足せず、また製品の意匠面において表面に異物が出るのが予想されることから、自動車部品メーカー及び自動車メーカーが求める品質水準を満たしていないと判断できる。

これまでの結果から、コンパウンド工程だけでは十分な異物除去が困難であることが明らかになり、前工程である市民回収段階での分別精度向上や、原料化工程におけるよりサイズの小さいスクリーンメッシュでの異物除去が必要であることが、改めて示された。

また、コンパウンド工程において生産性を改善する手段として、スクリーンメッシュの機構を、今回使用したエクストルーダーダイス部に固定されたスクリーンメッシュを手動交換する仕様から、自動交換が可能なシステムに変更することで、より細かいスクリーンメッシュで効率的に異物除去を行いつつ、生産性を向上させることが可能と考えられる。

本実証で使用したエクストルーダーには、スクリーンチェンジャーが搭載されておらず、スクリーンチェンジャーの検討は、500kg以上のロット生産を前提とした別の大型量産機で実施する必要があるため、令和9年度の量産体制を見据えた検証の中で活用を検討していく。

また、異物の中には PS や PET などの異なる樹脂以外にも金属（鉄系金属、非鉄軽金属）の混入が確認された。

鉄系金属についてはマグネットによる磁力選別が可能であり、選別工程での改善が見込まれるが、非鉄軽金属（アルミ、銅など）については、マグネットでの磁力選別が適用できない。

令和 8 年度は、永興物産（株）所有のメタリダーを使用して金属（鉄系金属、非鉄軽金属）の除去工程追加を検討する。

3.3 市民分別回収品の粉碎洗浄、選別及びコンパウンド検討

2.2 節の検討において市民から分別回収された廃プラスチック（サンプル 3）回収量が当初想定を下回った結果、（株）富山環境整備にて処理することが困難になったことを受け、少量処理に適した小規模トライアル設備を保有する事業者（日本シーム（株）、三井化学（株）、（株）グランツ）に再委託することで実施した。

3.3.1 実施概要

（株）富山環境整備の処理工程を可能な限り再現するため、図 3.20 に示す各社に業務委託を行い、サンプルの処理を実施した。

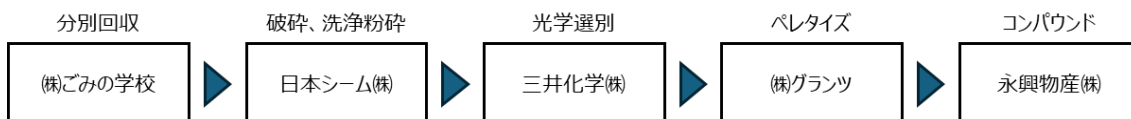


図 3.20.サンプル 3 処理プロセス

3.3.2 設備概要

(1) 破碎、洗浄粉碎

サンプル処理に使用した粗破碎機概要を表 3.16、図 3.21 に示す。また、粗破碎したサンプルの粉碎に使用した洗浄粉碎機概要を表 3.17、図 3.22 に示す。

表 3.16. 粗破碎機の概要

メーカー	日本シーム（株）
機種	粗破碎機メガシャーク MS-0860 型

テスト使用機 粗破砕機メガシャーク



(出典) 日本シーム (株) 提供資料

図 3.21. 粗破砕機

表 3.17. 洗浄粉碎機の概要

メーカー	日本シーム (株)
機種	洗浄粉碎機 PFS-40

テスト使用機 洗浄粉碎機 PFS-40

プラ洗ユニット (Small タイプ)



(出典) 日本シーム (株) 提供資料

図 3.22. 洗浄粉碎機

(2) 光学選別

サンプルの光学選別に使用した光学選別機の概要を表 3.18 に、設備外観を図 3.23 に示す。

表 3.18. 光学選別機の概要

メーカー	ダイオーエンジニアリング (株)
機種	近赤外線選別装置 エアロソータⅢ
仕様	2 種選別



(出典) 三井化学 (株) 提供資料

図 3.23. 光学選別機

(3) ペレタイズ

サンプルの粉砕処理に使用した粉砕機概要を表 3.19 に、設備外観を図 3.24 に示す。また粉砕したサンプルのペレタイズに使用した押出機概要を表 3.20 に、設備外観を図 3.25 に示す。

表 3.19. 粉砕機の概要

メーカー	(株) ホーライ
機種	粉砕機 UC560-HKW1115IP



図 3.24. 粉碎機

表 3.20. 押出機の概要

メーカー	(株) 石中鉄工所
機種	一軸押出機 HS40m/m



図 3.25. 押出機

(4) コンパウンド

サンプルの金属除去に使用した、金属検出器のメーカーと機種を表 3.21 に、設備外観を 図 3.26 に示す。コンパウンドには、永興物産 (株) にて 3.2.2 項と同様の設備を使用した。

表 3.21. 金属検出器のメーカーと機種

メーカー	一般財団法人 雑賀技術研究所
機種	MHD2-20



図 3.26. 金属検出器の外観

3.3.3 検討方法

(1) 破碎、洗浄粉碎

亀岡市にて市民から分別回収したプラスチックを再委託先である日本シーム（株）にて原料化するにあたり、まずは洗浄粉碎機の投入口に入る大きさにするため、粗破碎機（図 3.21）にて予備破碎を実施した。

また粗破碎においては原料を手作業にて投入するが、その中で併せて金属部品の含まれる製品や木製の製品などプラスチック以外のサンプルが混入していたため、それらの除去も実施した。

261.0kg のサンプルを投入し、237.5kg のサンプルを回収し、除去された金属類、プラスチック以外のサンプルの重量は 23.5kg となった。



図 3.27. 粗破碎前後の状態



図 3.28. 粗破碎前に除かれた金属を含むサンプル及びプラスチック以外のサンプル

粗破碎後のサンプルを洗浄粉碎機（図 3.22）に投入し、サンプルに付着した土や砂などの汚れを除去すると共に、次工程の光学選別機での選別効率が最大になる粒径（Φ20mm）への粉碎を行った。

洗浄粉碎工程では、洗浄粉碎後のサンプルの目視確認及び洗浄水の汚れ具合から、大部分の汚れが除去できていることを確認した。（図 3.29、図 3.30）

また投入重量 217.5kg に対して、回収重量 210.0kg、含水率 0.78%となり、歩留まりは 95.8%と非常に高い数値となった。

高い歩留まりで洗浄粉碎できた要因としては、今回の亀岡市での分別回収で回収された廃プラスチックの大部分が硬質プラスチックだったことに起因すると考えられた。予備実証において軟質プラスチックを対象とした洗浄粉碎では 50%程度の歩留まりになったことを考えると、それを加味したサンプル量の確保が必要であると考えられる。



図 3.29. 洗浄粉碎前後の状態



図 3.30. 洗浄粉碎機からの排水状況

(2) 光学選別

前項で処理した洗浄粉碎後のサンプルについて、PP 以外の樹脂種及び一部金属等の異材種の除去を目的に再委託先である三井化学（株）保有の光学選別機（図 3.23）にて検討を行った。

光学選別は2回実施し、1回目では洗浄粉碎後のサンプルについて、PP を選別対象として処理を行い、2回目では、PP の回収量確保を目的に、1回目でPP 以外として除去された残渣中に残存するPP を再度選別した。

光学選別機の近赤外線分析による樹脂組成の簡易測定結果では、洗浄粉碎後のサンプルのPP 比率は平均66%であり、実重量として128.1kg のPP を選別することができた。

また選別後のPP サンプルについて、同様に光学選別機で樹脂組成の簡易測定を行った結果、PP 純度は約87.6%であることが分かった。

また1回目でPP 以外とされた残渣79.7kg についても、同様に樹脂組成を測定したところ平均28.5%程度PP が残存していることが確認され、再度PP の選別を行った結果、12.5kg のPP を選別することができた。この2回目に選別したPP についても同様に樹脂組成を測定したところ、PP 純度は81.3%と1回目と比較して低い数値となった（表 3.22）。

なお、各回の樹脂組成の及び選別重量の詳細は表 3.23、表 3.24、表 3.25、表 3.26 に示す。

表 3.22. 光学選別結果

回数	PP 選別重量 (kg)	PP 純度 (%)
1 回目	128.1	87.6
2 回目	12.5	81.3

受入れ材料



材料投入



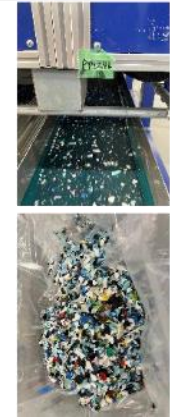
選別工程



PP



PP以外



分別後

PP



PP以外



図 3.31. 光学選別プロセス

表 3.23. 光学選別 1 回目：選別前の樹脂組成と選別後重量

選別												
回数	No.	比率 (%)									重量 (kg)	
		ABS	PS	PC/ABS	PC	PMMA	PP	PVC	PE	合計	PP	PP 以外
1 回目	1	0.43	2.67	0.19	0.01	0.00	65.44	1.91	29.31	99.96	6.9	4.4
	2	0.34	3.25	0.17	0.01	0.01	55.89	2.27	38.01	99.95	5.8	4.8
	3	0.25	2.01	0.18	0.00	0.00	68.26	3.31	25.95	99.96	6.6	4.7
	4	0.32	2.46	0.21	0.00	0.00	66.11	5.97	24.89	99.96	6.1	3.3
	5	0.31	2.41	0.26	0.00	0.00	66.49	6.36	24.12	99.95	6.9	4.0
	6	0.34	3.29	0.28	0.01	0.02	61.92	6.19	27.93	99.98	6.3	3.9
	7	0.35	3.44	0.34	0.01	0.01	62.37	6.77	26.69	99.98	5.5	3.9
	8	0.29	3.03	0.25	0.01	0.01	63.13	6.45	26.79	99.96	6.3	3.7
	9	0.29	2.52	0.21	0.00	0.02	62.75	7.09	27.07	99.95	5.9	3.8
	10	0.31	2.70	0.24	0.00	0.00	66.36	6.28	24.06	99.95	6.8	3.9
	11	0.24	2.17	0.17	0.00	0.00	66.35	6.83	24.19	99.95	8.6	5.0
	12	0.26	3.10	0.29	0.00	0.00	65.20	6.89	24.22	99.96	6.9	4.0
	13	0.32	3.07	0.39	0.00	0.00	67.25	7.89	21.05	99.97	6.7	3.9
	14	0.22	2.15	0.31	0.00	0.00	71.99	8.07	17.22	99.96	7.6	3.8
	15	0.32	3.07	0.36	0.00	0.00	68.77	9.11	18.33	99.96	8.6	5.4
	16	0.31	3.54	0.47	0.01	0.01	69.68	9.44	16.51	99.97	7.1	3.9
	17	0.32	3.53	0.51	0.00	0.00	70.03	10.82	14.75	99.96	6.2	4.3
	18	0.34	4.46	0.70	0.01	0.00	69.23	11.48	13.74	99.96	6.5	4.1
	19	0.38	4.68	0.69	0.01	0.00	67.22	12.23	14.73	99.94	6.9	5.1
		平均	0.31%	3.03%	0.33%	0.00%	0.00%	66.02%	7.12%	23.13%	99.96%	
	合計										128.1kg	79.7kg
											207.8kg	

表 3.24. 光学選別 1 回目：選別後の樹脂組成

純度確認										
回数	No.	比率 (%)								
		ABS	PS	PC/ABS	PC	PMMA	PP	PVC	PE	合計
1 回目	1	0.05	0.28	0.02	0.00	0.00	92.17	2.71	4.74	99.97
	2	0.11	0.78	0.03	0.00	0.00	86.23	3.19	9.63	99.97
	3	0.07	0.64	0.05	0.00	0.00	87.36	4.02	7.82	99.96
	4	0.07	0.55	0.04	0.00	0.00	88.91	3.55	6.85	99.97
	5	0.14	0.89	0.09	0.00	0.00	84.99	4.13	9.73	99.97
	6	0.11	0.81	0.07	0.00	0.00	87.83	3.53	7.60	99.95
	7	0.14	1.28	0.10	0.00	0.01	84.83	4.37	9.23	99.96
	8	0.09	0.81	0.07	0.00	0.00	87.84	3.41	7.73	99.95
	9	0.13	0.99	0.07	0.00	0.01	82.77	4.24	11.76	99.97
	10	0.06	0.54	0.04	0.00	0.00	90.39	3.58	5.35	99.96
	11	0.10	0.83	0.07	0.00	0.00	85.24	4.01	9.72	99.97
	12	0.05	0.64	0.08	0.00	0.00	87.47	2.69	9.03	99.96
	13	0.14	1.28	0.20	0.00	0.00	84.50	2.89	10.95	99.96
	14	0.03	0.30	0.06	0.00	0.00	90.90	3.17	5.50	99.96
	15	0.13	1.07	0.15	0.00	0.00	86.35	3.36	8.90	99.96
	16	0.06	0.53	0.09	0.00	0.00	90.40	3.70	5.18	99.96
	17	0.10	1.08	0.20	0.00	0.00	88.06	3.76	6.77	99.97
	18	0.06	0.55	0.11	0.00	0.00	90.87	4.02	4.37	99.98
	19	0.14	1.25	0.24	0.00	0.00	88.06	4.11	6.18	99.98
		平均	0.09%	0.79%	0.09%	0.00%	0.00%	87.64%	3.60%	7.74%

表 3.25. 光学選別 2 回目：選別前の樹脂組成と選別後重量

選別													
回数	No.	比率 (%)									重量 (kg)		
		ABS	PS	PC/ABS	PC	PMMA	PP	PVC	PE	合計	PP	PP 以外	
2 回目	20	1.18	7.42	0.45	0.02	0.05	11.06	1.23	78.55	99.96	0.60	8.50	
	21	0.87	5.81	0.48	0.01	0.03	27.92	2.39	62.44	99.95	1.13	6.81	
	22	1.15	7.56	0.67	0.02	0.08	21.91	1.77	66.79	99.95	1.07	6.81	
	23	1.13	7.97	0.73	0.02	0.07	21.06	2.43	66.56	99.97	0.82	6.78	
	24	1.07	7.07	0.56	0.02	0.07	23.51	1.91	65.75	99.96	1.12	6.52	
	25	0.94	7.00	0.58	0.02	0.02	25.41	2.59	63.39	99.95	1.17	7.72	
	26	1.09	7.56	0.95	0.01	0.01	31.98	2.67	55.70	99.97	1.59	6.12	
	27	1.37	9.06	1.19	0.02	0.03	34.96	3.79	49.55	99.97	1.78	7.46	
	28	1.13	8.50	1.20	0.01	0.00	49.48	3.59	36.04	99.95	1.37	2.93	
	29	1.36	12.56	2.15	0.05	0.01	37.57	4.37	41.90	99.97	1.80	7.27	
	平均		1.13%	8.05%	0.90%	0.02%	0.04%	28.49%	2.67%	58.67%	99.96%		
	合計											12.5kg	66.9kg
											79.4kg		

表 3.26. 光学選別 2 回目：選別後の樹脂組成

純度確認										
回数	No.	比率 (%)								
		ABS	PS	PC/ABS	PC	PMMA	PP	PVC	PE	合計
2 回目	20	0.15	1.29	0.08	0.00	0.00	79.11	5.36	13.97	99.96
	21	0.09	0.94	0.05	0.00	0.00	82.96	5.31	10.61	99.96
	22	0.16	1.03	0.08	0.00	0.00	82.86	5.66	10.17	99.96
	23	0.29	1.88	0.18	0.02	0.00	78.17	5.92	13.50	99.96
	24	0.16	0.90	0.08	0.00	0.00	82.80	5.72	10.30	99.96
	25	0.24	1.38	0.11	0.00	0.00	78.79	5.57	13.88	99.97
	26	0.21	1.49	0.21	0.00	0.00	81.27	6.19	10.59	99.96
	27	0.28	2.43	0.28	0.00	0.00	77.97	6.39	12.61	99.96
	28	0.13	1.25	0.23	0.00	0.00	86.21	6.74	5.40	99.96
	29	0.34	2.49	0.39	0.01	0.00	82.31	7.35	7.08	99.97
	平均	0.21%	1.51%	0.17%	0.00%	0.00%	81.25%	6.02%	10.81%	99.96%

(3) ペレタイズ

前項で選別した PP について、コンパウンド工程の前処理として、(株) グランツにてペレタイズを行った。

またペレタイズにあたり、押出機に投入できる粒径にするため、粉砕機 (図 3.24) による粉砕を行った。

粉砕後、押出機 (図 3.25) にてペレタイズ検証を実施した。

なお、ペレタイズには前項 1 回目の選別にて得られた 128kg のサンプルを用い、2 回目に得られた 12.5kg のサンプルは、比較して PP 純度が低く、物性に悪影響を及ぼす可能性があることから除外した。

シリンダー温度は図 3.32 に示すとおりの条件にて実施し、スクリーンメッシュは 40×40 メッシュを使用した。

押出機の能力上、2 時間程度で生産が完了されることが予想されたが、時間当たりの吐出量を早くした場合に、樹脂のストランド⁸が頻繁に切れる事象が発生し、生産性が著しく低下したため、吐出量を抑え、約 6 時間かけて生産を行った (図 3.33)。

また生産の途中で 8 回のベントアップが発生したため、都度メッシュフィルターの交換を実施した (図 3.34)。

これは光学選別工程にて選別しきれなかった、金属成分やゴム成分等が異物として残存し、それらを起点にストランドが千切れているものと推察される。

最終 114kg の PP ペレットを生産することができたが、これらのことから、小規模でのトライに置いても、浮沈選別や風力選別等の更なる選別工程の追加が必要な事が示唆された。

原料投入側			材料吐出側	
C1	C2	C3	C4	D1
230℃	230℃	230℃	190℃	190℃

図 3.32. 押出機温度条件

⁸ 押出機のダイス部から連続的に押し出されるひも状の熔融樹脂。空冷もしくは水冷後カットされ、樹脂ペレットになる。

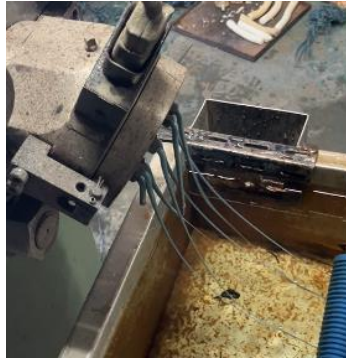


図 3.33. ストランドの断裂の様子



図 3.34. ベントアップ時のスクリーンメッシュの様子

(4) コンパウンド

前項でペレット化したサンプルについて、5.2 節での検討同様、永興物産（株）にてバージン材 70%を配合して、製品試作に向けたサンプル生産を実施した。

押出機での生産の前に、前項でのフィルターメッシュの様子から、金属異物が残存している可能性が示唆されたことから、永興物産（株）で保有するメタリダーを使用して、金属異物の除去を行った。

結果として、最高感度で金属異物を除去したサンプルが、十分な量確保できたことから、金属異物除去後のサンプルにてコンパウンドを行った。

生産条件は 3.2.2 項の条件に準拠し、60×60 メッシュを使用して生産した。

コンパウンド後のサンプルにて実施した自動車内装部品試作の内容の詳細については第 6 章にて記載する。

4 におい除去技術の開発

本章では、(株) 富山環境整備の洗浄設備、押出設備、及びトヨタ紡織(株)の脱臭技術の適用によるにおい除去検討の結果について報告する。

4.1 においのばらつき把握の実施

におい除去技術の開発に先立ち、容器包装リサイクル法による回収ルート PP (サンプル 1) 及び大臣認定ルート PP (サンプル 2) のにおい強度を通年で観測することで、季節性を含めたにおいのばらつき把握を行った。

4.1.1 実施概要

においのばらつき把握では、サンプル 1 のロット間でのにおいのばらつき、及び季節性を把握するために年間を通じた、におい官能評価を実施した。

またサンプル 2 及び分別回収ルート PP (サンプル 3) については各 1 回、各 1 検体でにおい嗅ぎ GC/MS による原因物質の分析を実施した。

4.1.2 実施方法

(1) におい官能評価

サンプル 1、サンプル 2、サンプル 3 の各サンプルについて、表 4.1 に示す手法にて、におい官能評価試験を実施した。

表 4.1. におい官能評価試験方法 (社外評価)

試験方法	VDA270 (2022) に基づく手法にて、ペレット状態のサンプルにて実施
容器	1L ガラス瓶 (図 4.1)
資料	約 7g
温度条件	80±2℃×2 時間
評価方法	評価方法：パネル 3 人による嗅覚試験



図 4.1. 官能試験用試料瓶

また、製品への適用を見据え、製品製造に準拠した射出成形により作製したテストピースを用いてにおい強度を測定した。

併せて、5.2 節に示す物性改善検討として、バージン材を 70%配合した場合のにおい強度の変化を検証するため、におい強度を測定した。

(2) におい嗅ぎ GC/MS

サンプル 2 及びサンプル 3 のバージン材配合品に対して、表 4.2 に示す手法でにおい嗅ぎ GC/MS 測定を行った。

表 4.2. におい嗅ぎ GC/MS 測定方法

測定方法	資料をヘッドスペースバイアルへ入れて封をし、80℃にて 1 時間 SPME 吸着を行い、吸着後の SPME を用い、TDU-GC-O-TOFMS にて測定
試料	約 2g

4.1.3 実施結果

本実証においては、自動車メーカー等の要求値や国際標準等を参考に、令和 7 年度ではにおい強度 3 を目標値として設定し、それに対する測定結果をグラフ (図 4.2) にまとめた。

また併せてにおい質の評価結果を表 4.3 にまとめた。

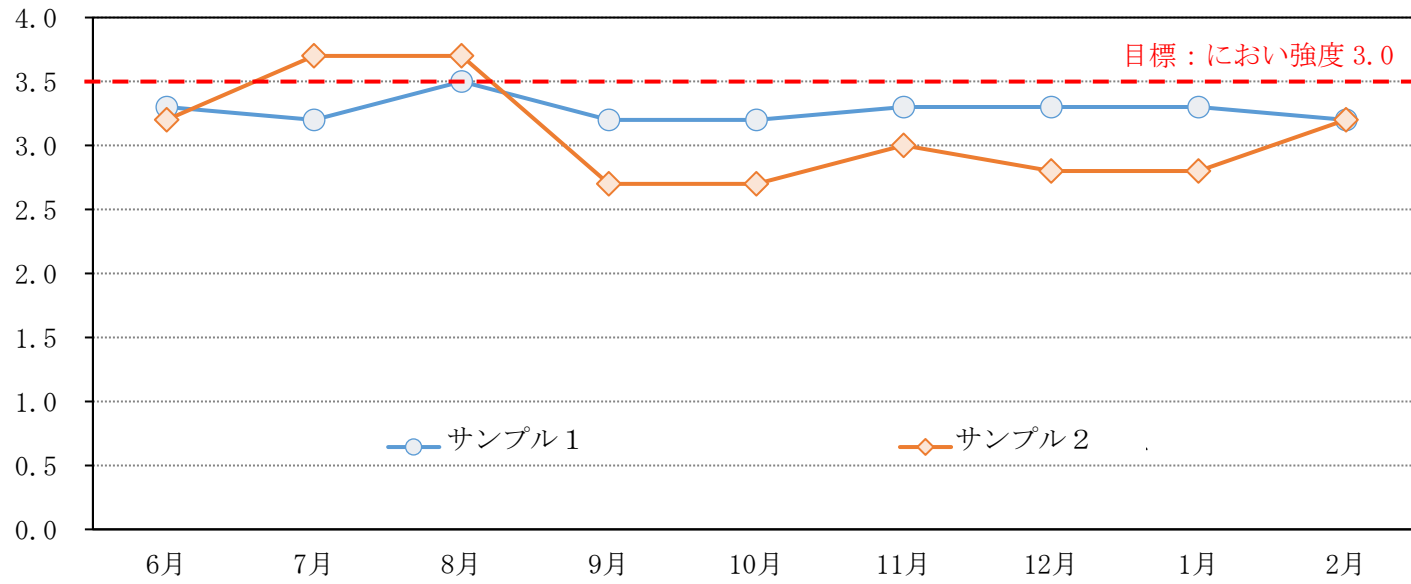


図 4.2. 通年でのにおい官能評価結果（社外測定）

表 4.3. 通年でのにおい質評価結果

凡例：テスター3人中 ◎：3人が感じた ○：2人が感じた △：1人が感じた -：誰も感じなかった

におい質		サンプル1										サンプル2							
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
アミン臭	魚臭 (Trimethylamine)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	△
油臭	脂肪・キュウリ・柑橘 (Undecanal)	△	△	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	△	△	△	-
酢	酢・刺激臭 (Acetic acid)	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	-	-	-	△	△
溶剤臭	接着剤・除光液 (Ethyl acetate)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	甘い・接着剤・焦げたプラスチック (styrene)	○	△	△	△	-	○	○	○	○	△	△	△	△	△	○	○	○	△
フルーツ様	リンゴ・フルーティー (Ethyl isobutyrate)	△	△	△	○	○	○	△	△	△	△	○	△	○	○	○	△	△	○
甘い におい	苦いアーモンド・マジパン (Benzaldehyde)	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	花様・合成的・フルーティー (Delta-decalactone)	-	-	△	○	○	○	△	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○
	カラメル・甘い (Ethyl maltol)	△	-	○	-	△	-	-	△	-	△	-	-	-	-	△	-	△	△
木の臭い	木の香り (Cedryl acetate)	-	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
焦げ臭	スパイシー・焦げ臭 (Methyl Cyclopentenolone)	○	○	△	△	△	○	○	○	◎	△	-	○	○	△	○	◎	△	○
	ロースト香・ポップコーン (Acetyl pyrazine)	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-
ゴム臭	ゴム様 (Benzothiazole)	-	-	-	-	-	-	△	△	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-
フェノール	煙・甘い (Guaiacol)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○

：フローラルなにおい、甘いにおいが特徴的に観測された

におい強度については、当初、亀岡市では先進的なプラスチック廃棄物減量施策を推進しており、市民の分別意識も高いため亀岡市から回収された廃プラスチック（サンプル2）のほうが、全国の自治体から回収された廃プラスチックより、食品残差やにおいの染みつきが少なく、におい強度は低くなると予想された。また、季節ごとや、年の変わり目、年度区切り等人の出入りが活発になるタイミングにおいて、使用される一般消耗品の種類の偏りや、廃棄される製品の種類の偏りが発生することから、におい強度の季節性がみられると予想された。

しかし通年で結果を比較したところ、におい強度に大きな差はみられず、サンプル1、サンプル2共に、殆どの月でにおい強度3を超え、目標未達であることが分かった。

またにおいの季節性についても、通年で強度に大きな変化は見られず、におい質についても、通年で同様の結果が得られ、季節ごとでのにおい強度の変動や、特異なにおいが発生することは、今回の実証期間の中では認められなかった。

またサンプル3についても、におい官能評価試験を実施した結果及びにおい質の評価結果を表4.4、表4.5にまとめた。

表 4.4. 分別回収ルートにおい官能評価結果（社外測定）

サンプル1 平均	サンプル2 平均	サンプル3	
		8月	12月
3.3	3.1	3.7	4.8

表 4.5. 分別回収ルート PP のにおい質評価結果

凡例：テスター3人中 ◎：3人が感じた ○：2人が感じた △：1人が感じた -：誰も感じなかった

におい質		サンプル1 平均	サンプル2 平均	サンプル3	
				8月	12月
アミン臭	魚臭 (Trimethylamine)	-	-	-	△
油臭	脂肪・キュウリ・柑橘 (Undecanal)	△	△	△	△
酢	酢・刺激臭 (Acetic acid)	△	△	△	○
溶剤臭	接着剤・除光液 (Ethyl acetate)	-	-	△	-
	甘い・接着剤・焦げた プラスチック (styrene)	○	○	○	-
フルーツ様	リンゴ・フルーティー (Ethyl isobutyrate)	○	○	○	-
甘い におい	苦いアーモンド・マジパン (Benzaldehyde)	-	-	-	-
	花様・合成的・フルーティー (Delta-decalactone)	○	○	○	△
	キャラメル・甘い (Ethyl maltol)	△	△	-	-
木の臭い	木の香り (Cedryl acetate)	-	-	-	-
土のような	土っぽい、かび臭い (IBQ)				○
焦げ臭	スパイシー・焦げ臭 (Methyl Cyclopentenolone)	○	○	◎	◎
	ロースト香・ポップコーン (Acetyl pyrazine)	-	-	-	-
ゴム臭	ゴム様 (Benzothiazole)	-	-	-	-
フェノール	煙・甘い (Guaiacol)	◎	◎	◎	◎

：フローラルなにおい、甘いにおいが特徴的に観測された

におい強度については、当初分別回収した結果、サンプル1、サンプル2と比較してにおい強度が下がることが予想されたが、8月実施分、12月実施分共に、サンプル1、サンプル2よりもにおい強度が高く、またにおい質についても追加でにおい質が観測されるという結果が得られた。

これは、通常の(株)富山環境整備での容器包装廃プラスチックの処理は、洗浄工程を含んでいるが、今回の外部への再委託による処理プロセスでは、小規模で容器包装廃プラスチックを洗浄できる事業者を見つけることができなかったことから、洗浄に特化した工程が欠落しており、食品残渣や芳香剤等に起因するにおい質が残留したものと考えられる。

また12月実施分については、製品プラスチックが多く集まり、その中には農業用品や犬小屋のような製品も見受けられた。

上述したような製品は、容器包装プラスチックと異なり、長期間汚損にさらされていることが想定され、洗浄工程では落ちにくい、強いにおいの染みつきが起こっていることも推察される。

以上のことから、令和8年度以降の取組みにおいては、第2、3章に記載した、分別回収対象の明確化と(株)富山環境整備における処理工程を通すことが必須になると考えられることから、分別回収品の回収量の拡大を計画的に推進していく。

4.1.4 におい指数によるにおい官能評価

射出成形により樹脂ペレットを成形したテストピースを用いたにおい指数による、配合前後品のにおい評価結果を、図4.3と図4.4に示す。におい指数は、社内規定バージン材の実力値を100として指数化した。

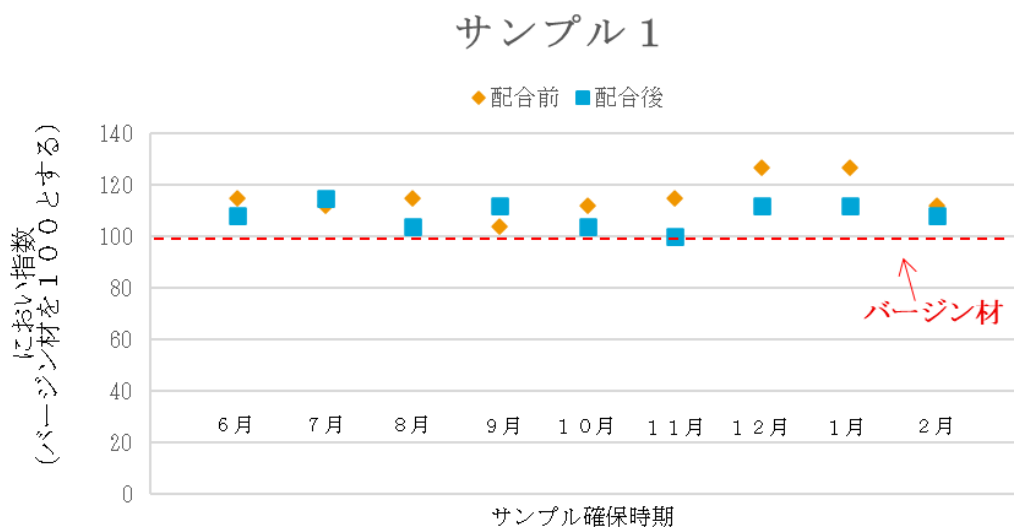


図 4.3.サンプル1のにおい官能評価結果

サンプル 2

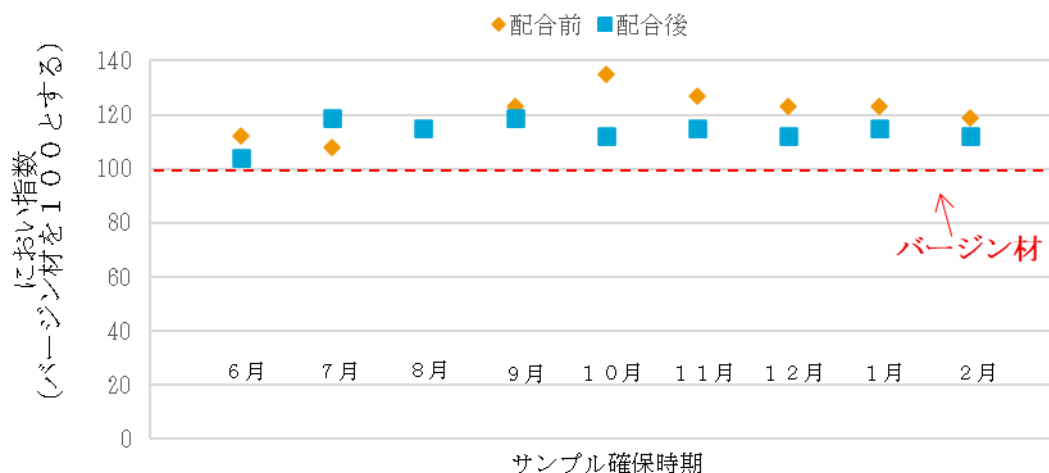


図 4.4. サンプル 2 のにおい官能評価結果

配合前のおい強度は VDA 結果同様、通年での顕著な変化はなかった。配合後においても変化はなかった。

これは、少量でも強くにおいを発する物質が原料に混入しており、今回検討したバージン材を 70%配合する処方では、におい強度が下がらなかったと考えられる。

またサンプル 3 についても、におい指数によるにおい官能評価試験を実施した結果を表 4.6 にまとめた。

表 4.6. サンプル 3 のにおい官能評価結果

全て配合前

サンプル 1 平均	サンプル 2 平均	サンプル 3	
		8 月	12 月
115	119	119	115

におい指数 (バージン材を 100 とする)

4.1.5 におい嗅ぎ GC/MS 測定

前項で検出されたにおいの原因物質を特定するため、サンプル 2 にバージン材を配合したサンプルに対して、におい嗅ぎ GC/MS 測定を行った結果を表 4.7 及びグラフ (図 4.5) にまとめた。

表 4.7. 時間経過に伴い検出されたにおい質の結果（脱臭前）

においの 感じられた 時間（分）	におい質	近傍ピークの 保持時間（分）	近傍ピークのライブラリ同定結果
13.4	ニガイ	-	-
15.8	ニガイ	15.7	Limonene
18.0	ニガイ	-	-
20.0	ニガイ	-	-
20.5	焦げ	-	-
22.2	溶剤	-	-
22.3	フローラル	22.2	Benzaldehyde
22.9	甘い	23.0	2-Furancarboxaldehyde,5-methyl-
23.2	ニガイ	-	-
24.0	甘酸っぱい	-	-
24.2	甘酸っぱい	24.2	Benzaldehyde, (2or3or4) -methyl-
25.0	ニガイ	-	-
25.6	甘い	25.6	Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5) - dimethyl-
25.9	フローラル	-	-
26.6	スツとする	-	-
26.7	フローラル	26.7	Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5) - dimethyl-
26.8	甘い	26.9	Benzaldehyde-4-propyl-
27.0	甘い	-	-
27.2	甘い	-	-
27.8	ツンとする	-	-
29.2	ツンとする	-	-
29.4	甘い	29.3	1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde
29.6	フローラル	-	-
30.0	スツとする	-	-
30.4	スツとする	-	-
30.9	甘い	30.8	Ethanol,2-phenoxy-
31.1	厚紙	-	-
31.5	甘い	-	-
32.5	フローラル	-	-

においの感じられた時間 (分)	におい質	近傍ピークの保持時間 (分)	近傍ピークのライブラリ同定結果
33.3	甘酸っぱい	-	-
34.8	甘い	-	-
36.0	甘い	-	-

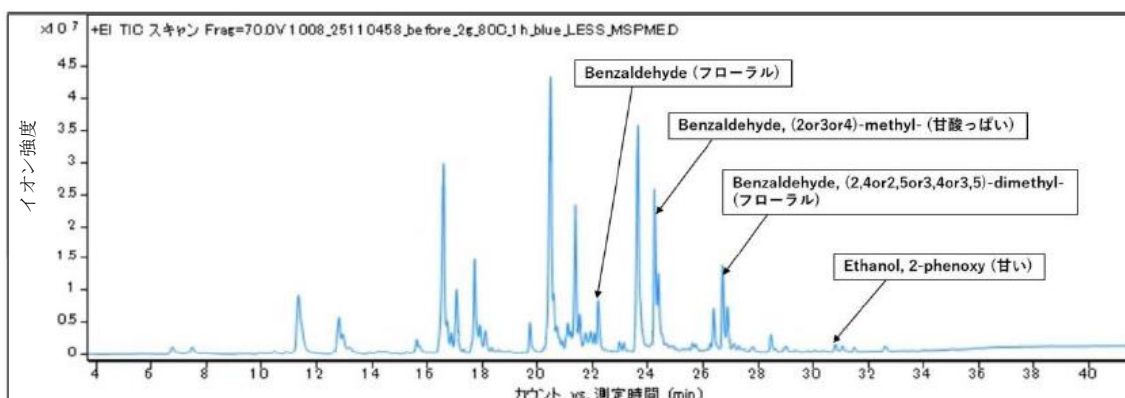


図 4.5. GC/MS 測定結果と特ににおいの強い物質のにおい質

測定結果より、複数のにおい原因物質が検出されたが、におい嗅ぎ時の官能評価と照合して、以下4物質が大きくにおい強度に影響していることが分かった。

表 4.8. におい強度に大きく影響を及ぼしていると考えられる4物質

化学物質名称	におい質	分子量	沸点	一般的な用途
Benzaldehyde	フローラル	106.12	178-179°C	香料 食品香料 有機合成中間体
Benzaldehyde, (2or3or4)-methyl-	甘酸っぱい	120.15	200-205°C	香料 有機合成原料 化学品中間体
Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5)- dimethyl-	フローラル	134.18	215-230°C	香料 医薬中間体 樹脂添加剤 有機合成原料
Ethanol, 2-phenoxy	甘い	138.16	237-247°C	防腐剤 溶剤 ワクチン添加剤

においの除去においては、複数のにおいの混合による感じ方の変化や、マスクング効果等、1物質を除去しただけでは、全体のおい強度が下がらない可能性もあるが、Benzaldehyde、(2or3or4)-methyl-、Benzaldehyde、及び(2,4or2,5or3,4or3,5)-dimethyl-については特ににおいの感じられ方が強いことから、まずはこの4物質の除去を目指すことは、におい対策として有効だと考えられる。

4.2 脱臭トライの実施

前節にて、現状の容器包装廃プラスチックの処理工程で行われる、洗浄設備での洗浄、比重選別槽等の中での副次的な洗浄、通常の出機による脱揮だけでは、におい強度目標を満足することができないことが確認された。

自動車内装部品への適用に向けて、富山環境整備での洗浄工程の追加、またトヨタ紡織のにおい除去技術を用いて、におい強度の減少を図り、目標達成の可能性を検証した。

4.2.1 実施概要

(株)富山環境整備は、処理プロセスにて洗浄設備を1機から3機に増強し、摩擦洗浄工程も新たに追加した。

また原料をペレット化するための出機についても、一軸出機単体から一軸出機と二軸出機で構成されたタンデム式の設備に増強し、脱揮回数の増強を実施している。(図4.6)

これらの設備で処理することによる、脱臭効果の確認を実施した。

またトヨタ紡織(株)では、熔融混練時に容器包装廃プラスチックに含有しているインク等の揮発成分を強制脱揮する設備を有している。この装置による脱臭効果も検討した。

上記設備を用いた脱臭トライを、サンプル2にバージン材を配合したサンプル(サンプル確保時期が異なるA、B)に実施し、そのにおい除去効果を確認した。

なお、脱臭効果の確認は前節にて実施した、におい官能評価試験及びにおい嗅ぎGC/MS測定にて行った。

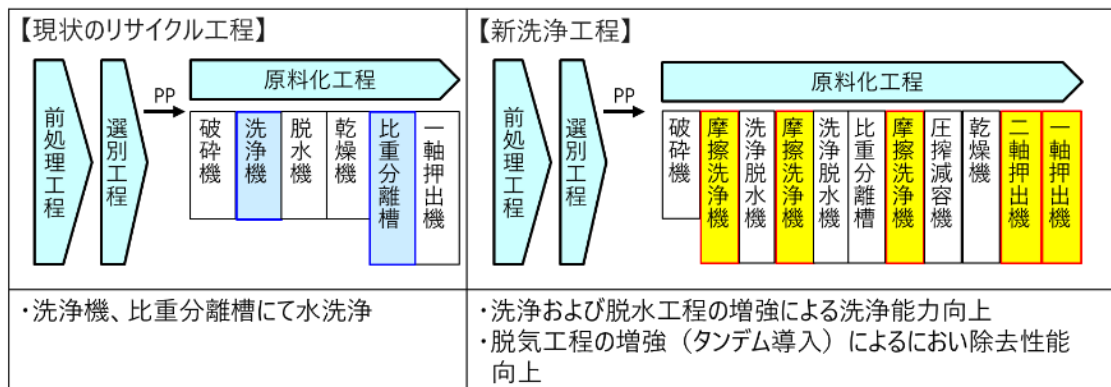


図 4.6. 現状のリサイクル工程と新洗浄工程の比較

4.2.2 設備概要

(株) 富山環境整備で新たに追加した洗浄工程、及びタンDEM式押出機の外観をそれぞれ図 4.7 と図 4.8 に示す。また、トヨタ紡織 (株) 保有押出機による脱臭イメージを図 4.9 に示す。

(1) (株) 富山環境整備の追加洗浄工程及びタンDEM式押出機



図 4.7. 追加洗浄工程



図 4.8. タンDEM式押出機

(2) トヨタ紡織（株）保有押出機による脱臭イメージ

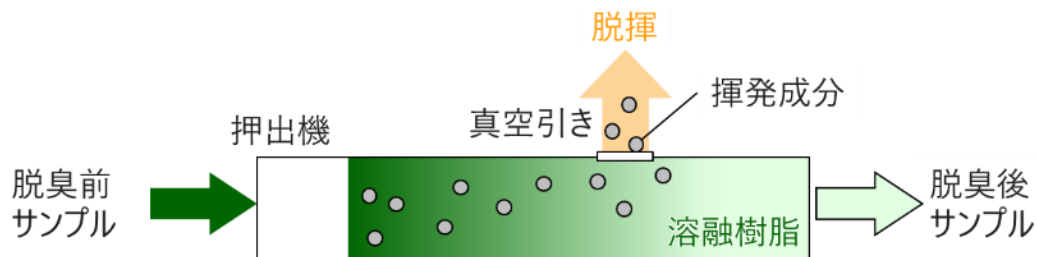


図 4.9. 押出機での脱揮イメージ

4.2.3 実施結果

(1) におい官能評価試験

① (株) 富山環境整備追加工程による脱臭処理

前節同様に、VDA270（2022）に準拠した社外評価、及びバージン材を 100 とした指数による評価を実施した。その結果及びにおい質の評価結果を表 4.9、表 4.10、表 4.11 に示す。

表 4.9. 追加洗浄・押出設備による脱臭結果 VDA270

評価タイミング	結果（におい強度）
脱臭処理前平均	3.2
脱臭処理後	3.8

表 4.10. 追加洗浄・押出設備による脱臭結果（指数：バージン材を 100 とする）

評価タイミング	結果（におい指数）
脱臭処理前平均	115
脱臭処理後	127

表 4.11. 脱臭処理によるにおい質の変化

凡例：テスター3人中 ◎：3人が感じた ○：2人が感じた

△：1人が感じた -：誰も感じなかった

におい質		脱臭処理前平均	脱臭処理後
アミン臭	魚臭 (Trimethylamine)	-	-
油臭	脂肪・キュウリ・柑橘 (Undecanal)	△	△
酢	酢・刺激臭 (Acetic acid)	△	-
溶剤臭	接着剤・除光液 (Ethyl acetate)	-	△
	甘い・接着剤・焦げた プラスチック (styrene)	○	△
フルーツ様	リンゴ・フルーティー (Ethyl isobutyrate)	○	△
甘い におい	苦いアーモンド・マジパン (Benzaldehyde)	-	-
	花様・合成的・フルーティー (Delta-decalactone)	○	△
	カラメル・甘い (Ethyl maltol)	△	△
木の臭い	木の香り (Cedryl acetate)	-	-
土のような	土っぽい、かび臭い (IBQ)	-	-
焦げ臭	スパイシー・焦げ臭 (Methyl Cyclopentenolone)	○	◎
	ロースト香・ポップコーン (Acetyl pyrazine)	-	-
ゴム臭	ゴム様 (Benzothiazole)	-	-
フェノール	煙・甘い (Guaiacol)	◎	○

におい強度については、通年で測定した平均におい強度と比較して高い数値が観測された。におい質についても甘いにおいが大きく低減し、スパイシー・焦げ臭が強くなるという結果となった。

におい強度の増大については、追加洗浄工程、押出設備で処理することにより、甘いにおいが除かれ、不快感が強く感じられる焦げ臭が際立ったことに起因することが推察される。しかし、本年度は測定水準数が1回だけであったこと、また設備の温度条件についても調整中であったことから、令和8年度には、設備条件の調整の中で、通年で測定を行い、ばらつき把握を実施する予定である。

② トヨタ紡織（株）保有押出機による脱臭トライ

前項同様に、VDA270（2022）に準拠した評価、及びバージン材を 100 とした指数による評価を実施した。その表結果及びにおい質の評価結果を表 4.12、表 4.13、表 4.14 に示す。

表 4.12. 高脱揮能力押出機による脱臭結果（VDA270）

評価のタイミング	サンプル 2 配合後（におい強度）	
	サンプル確保時期	
	A	B
脱臭トライ前	3.0	3.2
脱臭トライ後	2.3	2.7

表 4.13. 高脱揮能力押出機による脱臭結果（指数：バージン材を 100 とする）

評価のタイミング	サンプル 2 配合後（におい指数）	
	サンプル確保時期	
	A	B
脱臭トライ前	119	112
脱臭トライ後	96	104

脱臭トライの実施により、におい強度の低減が確認された。

一方で、サンプルの確保時期の違いにより、脱臭効果に差異が認められた。

表 4.14. 脱臭トライによるにおい質の変化

凡例：テスター3人中 ◎：3人が感じた ○：2人が感じた △：1人が感じた -：誰も感じなかった

におい質		サンプル2配合後			
		A		B	
		脱臭トライ前	脱臭トライ後	脱臭トライ前	脱臭トライ後
アミン臭	魚臭 (Trimethylamine)	-	-	○	-
油臭	脂肪・キュウリ・柑橘 (Undecanal)	△	-	-	-
酢	酢・刺激臭 (Acetic acid)	△	-	-	-
溶剤臭	接着剤・除光液 (Ethyl acetate)	△	-	-	-
	甘い・接着剤・焦げたプラスチック (styrene)	○	○	○	○
フルーツ様	リンゴ・フルーティー (Ethyl isobutyrate)	○	-	-	-
甘い におい	苦いアーモンド・マジパン (Benzaldehyde)	△	-	-	○
	花様・合成的・フルーティー (Delta-decalactone)	△	-	△	-
	カラメル・甘い (Ethyl maltol)	△	-	△	-
木の臭い	木の香り (Cedryl acetate)	-	-	-	-
土のような	土っぽい、かび臭い (IBQ)	-	-	-	-
焦げ臭	スパイシー・焦げ臭 (Methyl Cyclopentenolone)	-	-	○	○
	ロースト香・ポップコーン (Acetyl pyrazine)	-	○	-	-
ゴム臭	ゴム様 (Benzothiazole)	-	-	-	-
フェノール	煙・甘い (Guaiacol)	○	○	○	○

(2) におい嗅ぎ GC/MS 測定

① (株) 富山環境整備追加工程による脱臭処理

4.1.5 項で測定した、(株) 富山環境整備の現状のプロセスで生産されたサンプル 2 バージョン材配合後サンプルと比較した、においの原因物質の変化を確認するため、におい嗅ぎ GC/MS 測定を行った結果を表 4.15、表 4.16 及び図 4.10 にまとめた。

表 4.15. 時間経過に伴い検出されたにおい質の結果 (脱臭処理後)

においの 感じられた 時間 (分)	におい質	近傍ピークの 保持時間 (分)	近傍ピークのライブラリ同定結果
14.6	ニガイ	-	-
19.2	ニガイ	-	-
20.9	溶剤臭	-	-
21.7	ニガイ	-	-
23.3	溶剤臭	23.4	Bis (2-chloroethyl) ether
23.6	ナッツ、 ロースト	-	-
24.1	甘い	-	-
24.7	ニガイ、 ロースト	-	-
25.1	ニガイ	-	-
25.4	甘い、杏仁 豆腐様	25.4	Acetophenone
25.8	甘い	-	-
26.2	ニガイ	-	-
26.5	香ばしい	-	-
26.7	ニガイ	-	-
27.2	フローラル	-	-
27.4	フローラル	-	-
27.8	フローラル	-	-
27.9	スツとする	27.9	Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5) - dimethyl-
28.0	甘い	-	-
28.2	厚紙	-	-
28.4	甘い	-	-

においの 感じられた 時間 (分)	におい質	近傍ピークの 保持時間 (分)	近傍ピークのライブラリ同定結果
28.5	甘い	28.5	Benzyl alcohol
29.0	甘い	-	-
29.5	フローラル	-	-
30.0	湿ったよう な	-	-
30.4	スツとする	-	-
30.7	厚紙	-	-
31.2	薬品臭	-	-
31.6	薬品臭	-	-
32.4	甘い	-	-
32.8	フローラル	-	-
33.1	フローラル	-	-
33.5	甘い	-	-
33.7	フローラル	33.8	2,4-Di-tert-butylphenol
34.5	シトラス	-	-
36	甘い	-	-

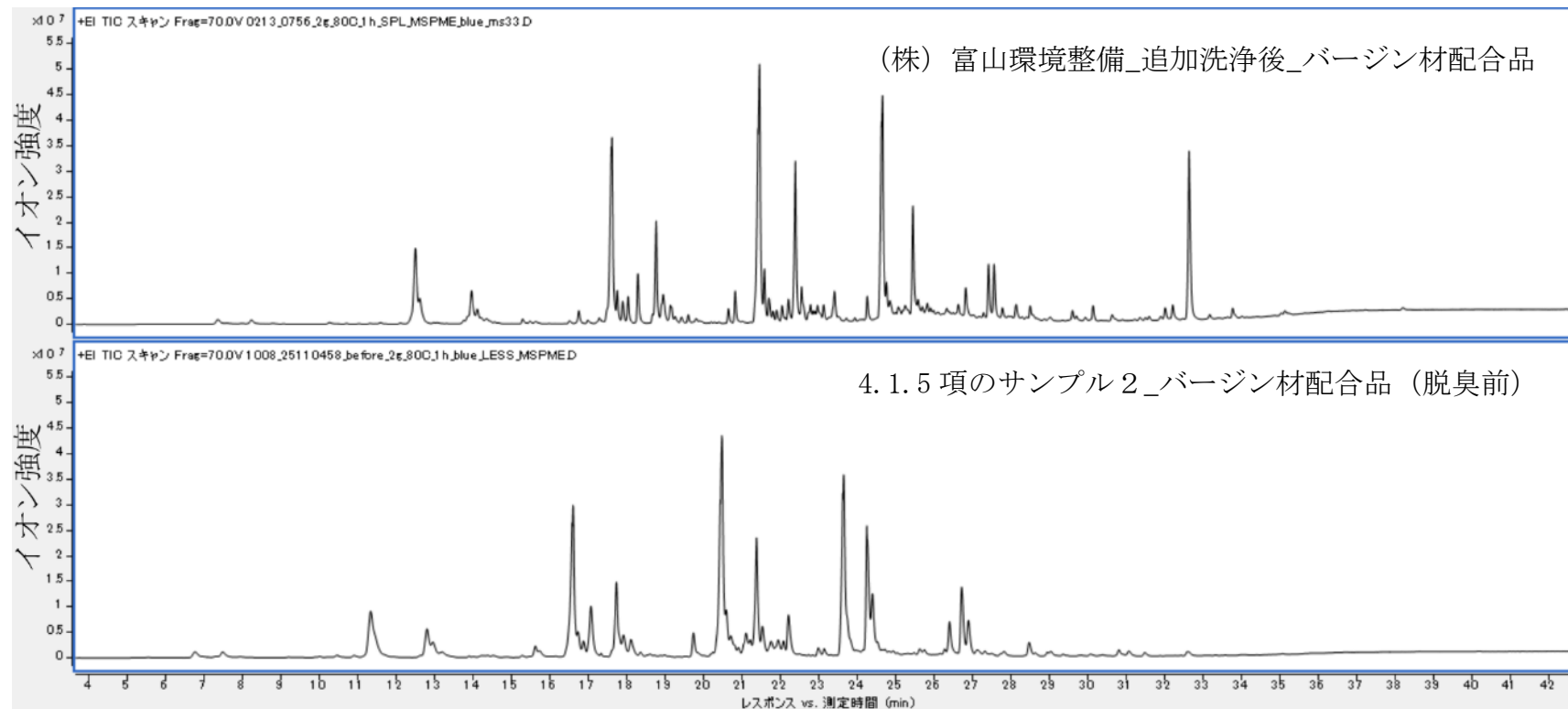


図 4.10. GC/MS 測定結果の比較

表 4.16. 検出された化学物質の比較

○：検出された -：検出されず

	4.1.5 項のサンプル 2 バージン材配合品 (脱臭前)		富山環境整備 (株) _ 追加洗浄後_バージン材 配合品	
	GC/MS 測定	におい検知	GC/MS 測定	におい検知
Benzaldehyde	○	○	○	-
Benzaldehyde, (2or3or4) - methyl-	○	○	-	-
Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5) - dimethyl-	○	○	○	○
Ethanol, 2-phenoxy	○	○	○	-
Acetophenone	-	-	○	○
Benzyl alcohol	○	-	○	○

結果、強いにおいが感じられた 4 物質の内、Benzaldehyde、Ethanol, 2-phenoxy については、GC/MS では検出されたものの、においは検知されず、Benzaldehyde, (2or3or4) - methyl-については GC/MS での検出もされないという、においの原因となる物質の減少及び検知されるにおいの減少が確認された。

しかし 4.1.5 項のサンプル 2 バージン材配合品の GC/MS 測定では検出されなかった Acetophenone がにおいととも新たに検出され、前回 GC/MS 測定で検出されたがにおいが検知されなかった Benzyl alcohol について、今回は強いにおいが検知された。

官能評価の結果と併せて考えると、脱臭効果と共に追加工程上で発生、混入した可能性のある化学物質が新たに検知されたことにより、単純に脱臭効果が得られたとは判断できない結果となった。

② トヨタ紡織（株）の押出機による脱臭トライ

4.1.5 項で測定された、(株) 富山環境整備の現状のプロセスで生産されたサンプル 2 配合後サンプルと比較した、においの原因物質の減少を確認するため、におい嗅ぎ GC/MS 測定を行った結果を表 4.17 及びグラフ (図 4.11) にまとめた。

表 4.17. 時間経過に伴い検出されたにおい質の結果 (脱臭処理後)

においの 感じられた 時間 (分)	におい質	近傍ピークの 保持時間 (分)	近傍ピークのライブラリ同定結果
12.5	甘い	-	-
13.4	ニガイ	-	-
18.0	香ばしい	-	-
20.0	青臭い	-	-
20.7	甘い	-	-
21.9	香ばしい	-	-
22.3	フローラル	22.2	Benzaldehyde
24.2	甘酸っぱい	24.3	Benzaldehyde, (2or3or4) -methyl-
25.9	フローラル	-	-
26.7	フローラル	26.7	Benzaldehyde, (2,4or2,5or3,4or3,5) - dimethyl-
27.1	フローラル	-	-
27.7	ツンとする	-	-
29.2	ツンとする	-	-
31.0	甘い	30.8	Ethanol,2-phenoxy-
31.2	厚紙	-	-
31.6	甘い	-	-
32.6	フローラル	-	-
33.4	フローラル	-	-
34.9	甘い	-	-

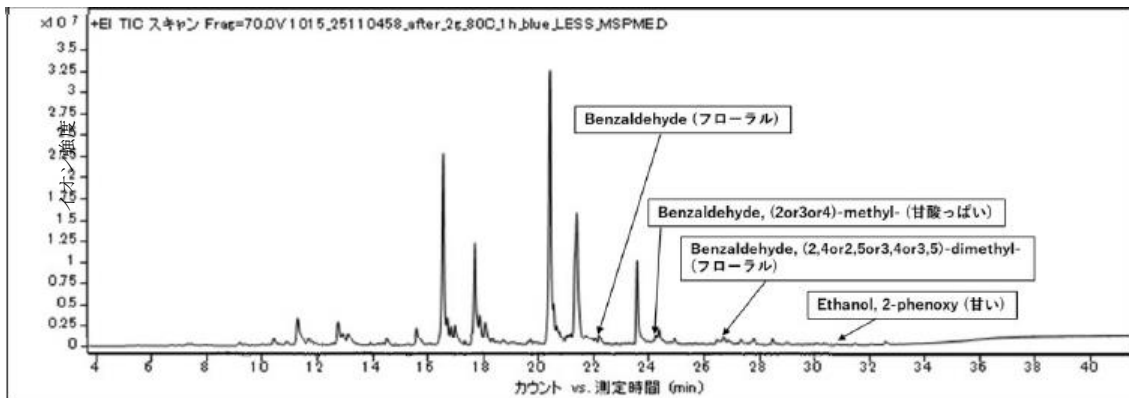


図 4.11. GC/MS 測定結果と特ににおいの強い物質のにおい質（脱臭処理後）

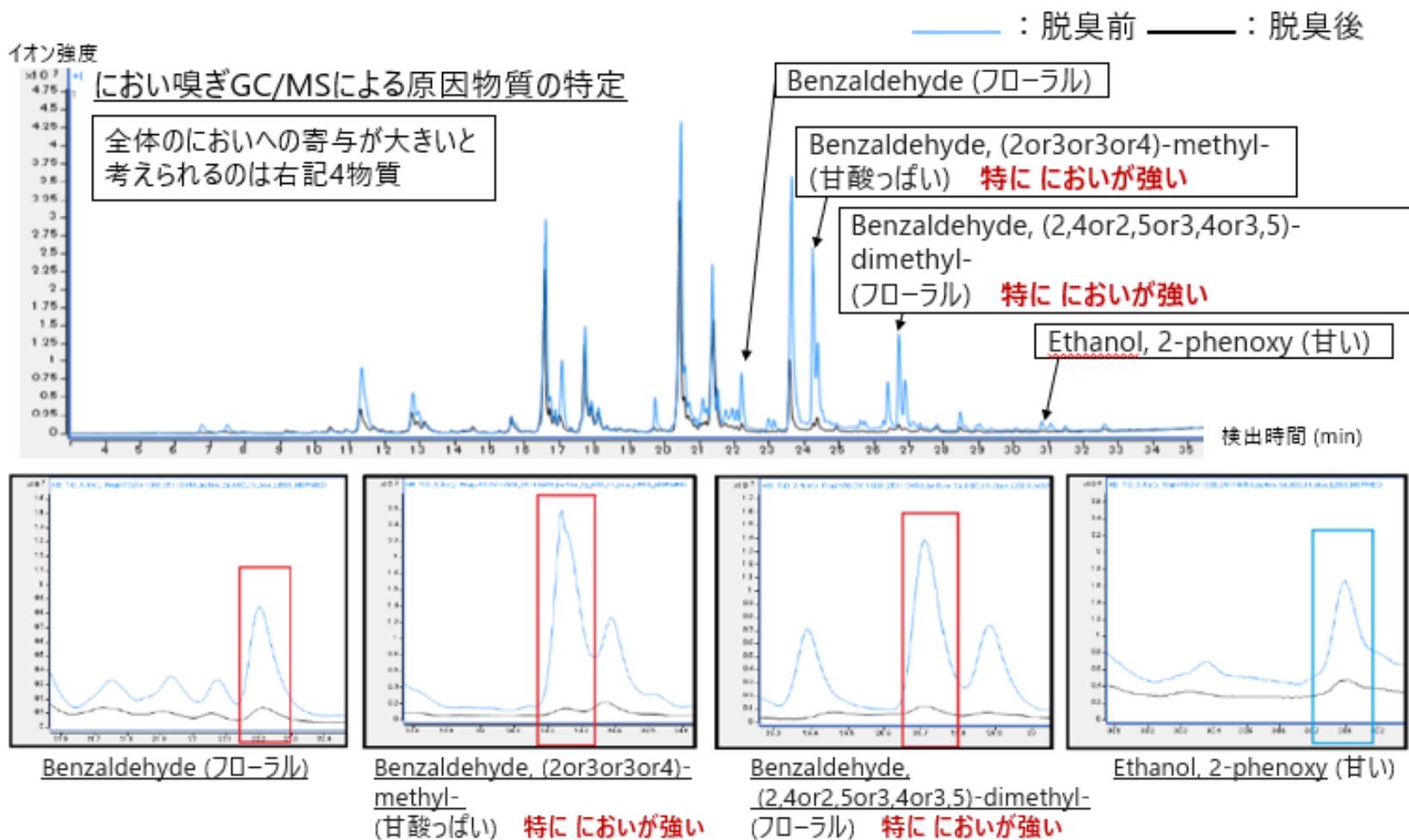


図 4.12. 脱臭トライ前後の GC/MS 測定結果の比較

結果、強いにおいが感じられる4物質すべてにおいて、大幅なピークの減少がみられた。

官能評価の結果と併せて、脱臭効果が得られたと考える。しかしにおいの感じ方には個人差があり、現在のにおい強度では、目標値は満足するものの、消費者目線で考えたときに、においが強いと感じる消費者がいる可能性も考えられる。

特に、新たにピークとしては検出されていないが、(株) 富山環境整備の脱臭処理後のサンプル同様に、脱臭トライ後サンプルからはロースト臭が特徴的に感じられ、これはマスクングされていたにおいが、表面化した結果と考えられる。

令和8年度は更なるにおい強度低減に向けて、(株) 富山環境整備の追加洗浄設備・押出設備とトヨタ紡織脱臭技術の併用による効果検証を行っていく。

4.3 揮発性有機化合物の除去検討

自動車内装部品には、使用者の健康確保のため、揮発性有機化合物 (VOC) 含有量に厳しい目標値を設定している。本実証では容器包装由来リサイクル PP ペレットの VOC 含有の有無とその低減を検討した。

4.3.1 実施概要

サンプル2において、バージン材配合前後の VOC 含有量を測定することで、現状把握を行うと共に、予備検証において、前節で活用したトヨタ紡織(株)の熔融混練時に容器包装廃プラスチックに含有しているインク等の揮発成分を強制脱揮する設備を使用することで VOC についても除去できる可能性が示唆されていたことから、脱臭トライ前後での VOC 低減効果確認を実施した。

4.3.2 実施方法

VOC 測定は射出成形により成形したテストピースを指定の容器に封入し、所定の温度・時間を経過した後、各種揮発成分を採取、分析を行った。

また VOC の指標は、内装材に求められる基準値を 100 とした。

4.3.3 実施結果

サンプル2について、バージン材配合前後の VOC 含有量の測定結果を表 4.18 に示す。

表 4.18. 配合前後の VOC 結果

主要 VOC 成分	サンプル 2 : 確保時期 C	
	配合前	配合後
ホルムアルデヒド	○	○
アセトアルデヒド	未達	未達
トルエン	○	○
エチルベンゼン	○	○
キシレン	未達	未達
スチレン	未達	未達

アセトアルデヒド

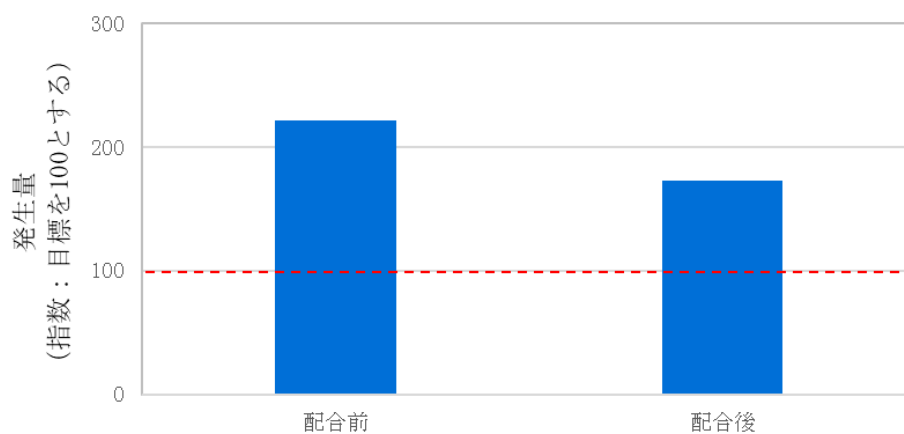


図 4.13. アセトアルデヒド発生量

キシレン

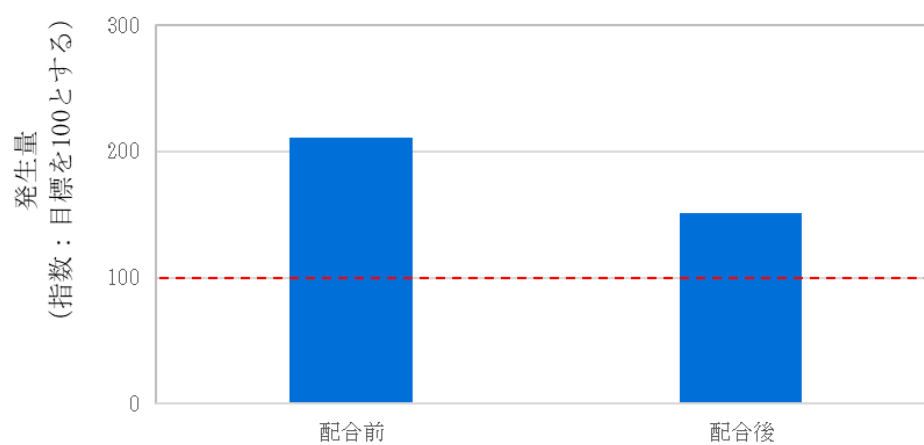


図 4.14. キシレン発生量

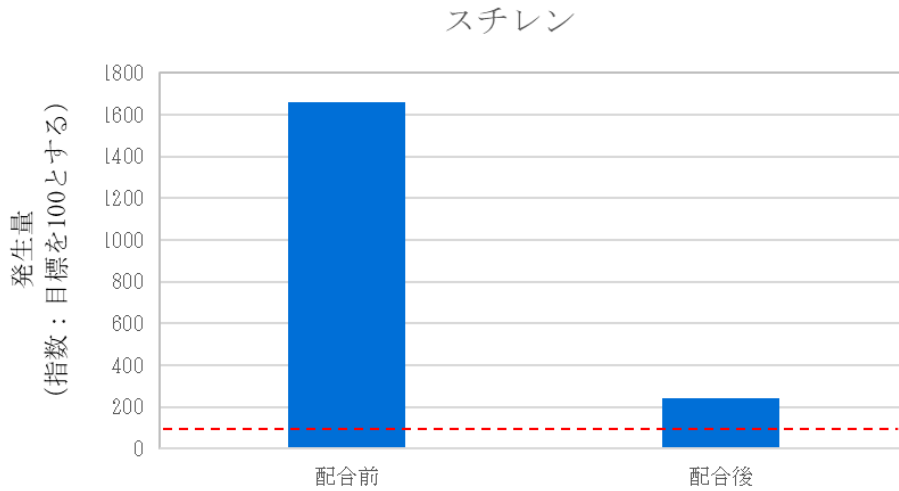


図 4.15. スチレン発生量

結果、バージン材配合前後のサンプルでそれぞれ、アセトアルデヒド、キシレン、スチレンについて、目標値を超える含有量が検出された。

またバージン材を 70%配合することで、リサイクル材の含有率を下げた場合でも、一定の割合 VOC 含有量が減少することは確認できたが、配合割合に比例することはなく、依然として目標値を超える含有量が検出される結果となった。

傾向把握のため、サンプル 1 を追加し、検体数を増やしたバージン材配合後サンプル 4 検体の測定を行った結果を表 4.19 に示す。

表 4.19. 配合後の VOC 結果

主要 VOC 成分	配合後			
	サンプル 1		サンプル 2	
	確保時期 A	確保時期 B	確保時期 A	確保時期 B
ホルムアルデヒド	○	○	○	○
アセトアルデヒド	未達	未達	未達	未達
トルエン	○	○	○	○
エチルベンゼン	○	○	○	○
キシレン	○	未達	○	○
スチレン	未達	未達	未達	未達

アセトアルデヒド

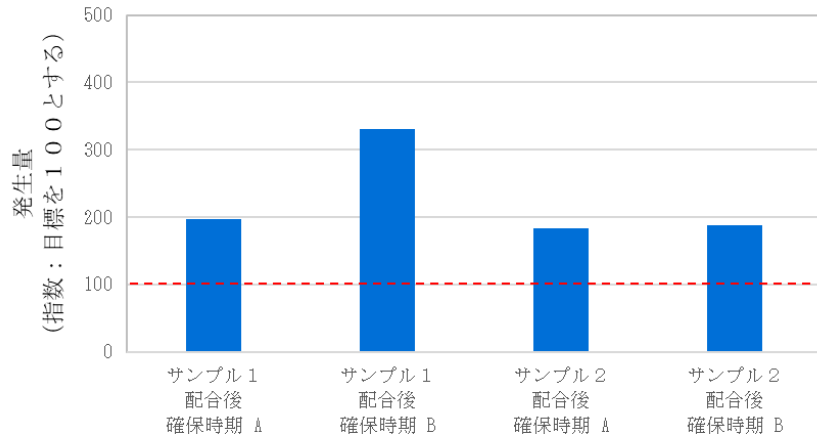


図 4.16. アセトアルデヒド発生量

キシレン

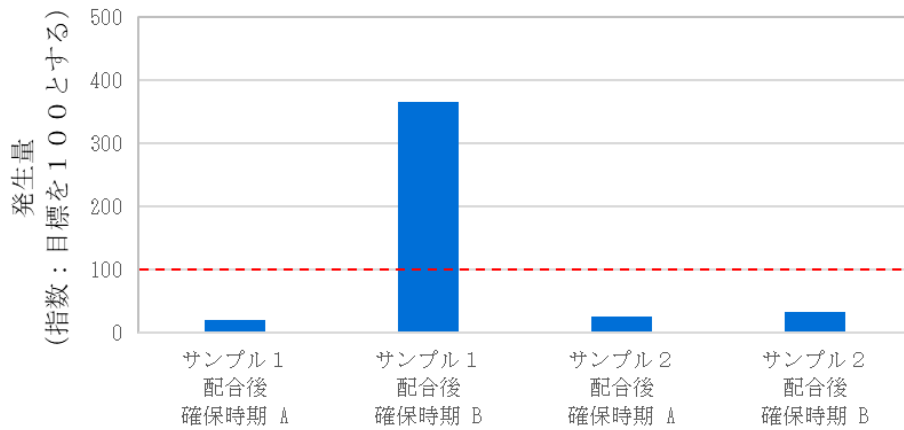


図 4.17. キシレン発生量

スチレン

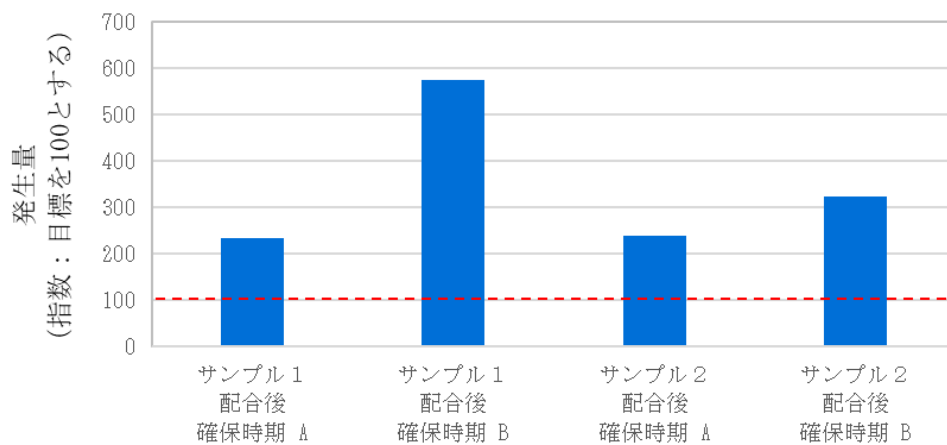


図 4.18. スチレン発生量

結果、アセトアルデヒド、スチレンについては、依然として未達であり、キシレンについては一部のサンプルが未達であった。

今回、4.2 節で実施した脱臭トライにおける、VOC 除去効果についても確認を行い、その結果を表 4.20 にまとめた。サンプルは表 4.18 と同ロットのものを使用したため、その結果も併せて記載した。

表 4.20. VOC 結果_脱臭トライ

主要 VOC 成分	サンプル 2 : 確保時期 C		
	配合前	配合後	配合後・ 脱臭トライ後
ホルムアルデヒド	○	○	○
アセトアルデヒド	未達	未達	未達
トルエン	○	○	○
エチルベンゼン	○	○	○
キシレン	未達	未達	○
スチレン	未達	未達	○

結果、キシレン及びスチレンは目標を下回る数値まで低減していることが確認された。一方、アセトアルデヒドについては依然として目標を超える数値が検出されており、対策が必要と考えられる。

令和 7 年度は、VOC を吸着することで、VOC 発生量を抑制する添加剤について永興物産（株）にて検討を開始し、サンプル作成まで実施したが、本年度内での効果実証が困難であったため、添加剤による VOC 低減効果の確認は、令和 8 年度の検討の中で継続して行い、自動車メーカーの要求適合とコストを勘案した、最適配合条件の決定を実施する。

5 物性改善検討

本章では、永興物産（株）及びトヨタ紡織（株）にて実施した、容器包装廃プラスチック由来のリサイクルPP（サンプル1、2、3）の機械物性のばらつき把握及びバージン材配合による機械物性の改善結果について報告する。

5.1 物性のばらつき把握の実施

容リルートPP（サンプル1）及び大臣認定ルートPP（サンプル2）に対して、通年で機械物性評価を行うことで、容器包装・製品プラスチック由来のリサイクルPPペレットの物性値のベースとなるリサイクルPPペレットの実力値とそのばらつきの把握を実施した。

また2章で回収検討した分別回収ルートPP（サンプル3）についても同様の測定を行うことで、サンプル1、サンプル2との違いについて確認を行った。

5.1.1 実施概要

サンプル1、サンプル2、サンプル3について、表5.1に示す測定項目ごとに、各種試験機を用いて測定を行い、PP純度や機械物性等のばらつき把握を行った。

表 5.1. 測定項目及び測定方法

測定項目		測定方法
樹脂組成（PP純度）		FT-IR測定（ATR法）
異物観察		顕微鏡観察
JAMA 目標設定 項目	密度	電子天秤計量（水中置換法）
	引張降伏強さ	ストログラフ試験機による測定
	引張弾性率	
	引張破断伸び	
	曲げ弾性率	
	曲げ強さ	
	シャルピー衝撃値	シャルピー衝撃試験機による測定
	荷重たわみ温度	荷重たわみ温度試験機による測定
MFR	メルトインデクサによる測定	
成形収縮率		高精度CNC画像測定機による測定
線膨張係数		熱機械分析装置による測定

5.1.2 実施方法

(1) FT-IR測定によるPP純度分析

サンプルのPP純度測定に使用したFT-IR測定器の概要と測定方法を表5.2に、設備外

観を図 5.1 に示す。

表 5.2. FT-IR 測定器の概要

メーカー	日本分光 ((株))
機器	FT/IR-4600
測定方法	<ul style="list-style-type: none"> 樹脂ペレットを切削し、その断面をフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) を使用して、ATR 法 (Attenuated Total Reflection 法) にて測定 得られた結果より、混合比算出法にて、各成分の混合比率 (wt%) を算出
試料	ペレット 1 粒×10 水準



図 5.1. FT-IR 測定器

表 5.3. ATR 法、混合比算出法について

ATR 法	測定機器のクリスタルと試料を接触させた後、クリスタル内部を透過させた赤外光を、試料との界面にて全反射させ、その全反射光を測定することによって、試料表面の吸収スペクトルを得る手法。
混合比算出法	<p>公知文献を参考に、濃度既知の 5 サンプルを各 4 水準測定し、PE/PP、PS/PP、PET/PP の検量線を混合比と吸光度比の関係から算出した。</p> <p>縦軸：719cm⁻¹ (PE)、841cm⁻¹ (PP)、698cm⁻¹ (PS)、1721cm⁻¹ (PET) のピーク高さ値から求めた吸光度比</p> <p>横軸：PE/PP、PS/PP、PET/PP 混合比</p> <p>実証の中で測定された各サンプルのスペクトルにて、各樹脂に該当するピーク高さを読み取り、そこから吸光度費を算出。</p> <p>算出された吸光度比と、作成した検量線から各混合比を算出した。</p> <p>なお、上記手法での算出では、PP、PE、PS、PET の内、極端に含有量が少ない場合、組成の合計が 100%を超えることがある。本報告書内では、そのような場合は、外れ値として、ロットの平均値の算出からは除外している。</p>

(2) ペレット断面・熱プレスシートの顕微鏡観察

FT-IR 測定にあたり切断したサンプル 1 及びサンプル 2 のペレット断面、及びペレットを熱プレスしたプレスシートの顕微鏡観察を行い、異物の含有状況と純度ばらつきとの相関の把握を実施した。

顕微鏡観察：各水準のペレットについて、その両面を観察し、併せて FT-IR 測定したサンプルの断面を観察。

熱プレス：顕微鏡画像から表面に異物が存在した場合に実施（230℃、厚さ 50 μ m で 1 分間加熱）

(3) 機械物性測定

サンプル 1、サンプル 2 及びサンプル 3 について、機械物性のばらつき把握のために、以下の設備を使用して測定を実施した。

① 密度

サンプルの密度測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.4 に、設備外観を図 5.2 に示す。

表 5.4. 電子天秤の概要

試験装置	電子天秤 FR200MK II (A&D)
試験方法	JISK7112 (A 法 水中置換法) に基づき測定
試験片形状	約 40mm×20mm×4mm (引張りダンベル片の掴み部をカットし使用)
試験数	n=2
試験環境	23℃, 50%RH



図 5.2. 電子天秤

② 引張降伏強さ、引張弾性率、引張破断伸び

サンプルの引張降伏強さ、引張弾性率、引張破断伸びの測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.5 に、設備外観を図 5.3 に示す。

表 5.5. ストログラフの概要

試験装置	ストログラフ VG10F ((株) 東洋精機製作所)
試験方法	JISK7161 に基づき測定
試験条件	チャック間距離 115mm, 速度 50mm/min, 標線間距離 50mm, 弾性率 速度 1mm/min
試験片形状	JIS-1A 形 多目的試験片
試験数	n=5
試験環境	23°C, 50%RH



図 5.3. ストログラフ

③ 曲げ強さ、曲げ弾性率

サンプルの曲げ強さ、曲げ弾性率の測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.6 に、設備外観を図 5.4 に示す。

表 5.6. ストログラフの概要

試験装置	ストログラフ VG10F ((株) 東洋精機製作所)
試験方法	JISK7161 に基づき測定
試験条件	スパン間距離 64mm, 速度 2mm/min
試験片形状	80mm×10mm×4mmt
試験数	n=5
試験環境	23°C, 50%RH



図 5.4. ストログラフ

④ シャルピー衝撃強度（ノッチ付き 23℃、ノッチ付き - 30℃）

サンプルのシャルピー衝撃強度測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.7 に、設備外観を図 5.5 に示す。

表 5.7. シャルピー衝撃試験機の概要

試験装置	シャルピー衝撃試験機 DG-CB ((株) 東洋精機製作所)
試験方法	JISK7111-1 に基づき測定
試験条件	JIS 規格に基づきハンマ秤量を選別 ※-30℃を行う場合は、恒温恒湿機を-30℃に設定し試験片を状態調節
試験片形状	80mm×10mm×4mmt
試験数	n=10
試験環境	23℃, 50%RH



図 5.5. シャルピー衝撃試験機

⑤ 荷重たわみ温度

サンプル荷重たわみ温度の測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.8 に、設備外観を図 5.6 に示す。

表 5.8. 荷重たわみ温度試験機の概要

試験装置	H.D.T & V.S.P.T TESTER S3-FH ((株) 東洋精機製作所)
試験方法	JISK7191-2 に基づき測定
試験条件	昇温速度 2°C/min
試験荷重	0.45MPa, 1.8MPa
試験片形状	80mm×10mm×4mmt
試験数	n=3
試験環境	23°C, 50%RH



図 5.6. H.D.T & V.S.P.T TESTER

⑥ MFR (メルトフローレート)

サンプルの MFR 測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.9 に、設備外観を図 5.7 に示す。

表 5.9. メルトインデクサの概要

試験装置	メルトインデクサ S-111 ((株) 東洋精機製作所)
試験方法	JISK7210 (A 法) に基づき測定
試験条件	温度 230°C, 荷重 2.16 kgf
試験サンプル	ペレット
試験数	n=3
試験環境	23°C, 50%RH



図 5.7. メルトインデクサ

(4) 成形収縮率及び線膨張係数

本実証における製品試作・評価は、分別回収により最も品質の高いことが予想されたサンプル3にバージン材を配合したサンプルにて実施した。その成形性の事前把握のため、サンプル3にて、成形収縮率及び線膨張係数の測定を行った。

成形収縮率の測定に使用した試験装置の概要と試験条件を表 5.10 に、線膨張係数の測定に使用した試験装置の詳細と試験条件を表 5.11 に示す。

表 5.10. 成形収縮率測定機の概要と試験条件

試験装置	NEXIV VMZ-R6555 (Nikon)
試験方法	JISK7152-4 : 2006 に基づき測定
試験片形状	60mm×60mm×2mmt
試験数	n=5
試験環境	23°C, 50%RH

表 5.11. 線膨張係数測定機の概要と試験条件

試験装置	TMA/SS7100 (SII 製)
試験方法	JISK7197 に基づき測定
試験片形状	10 mm×5mm×厚み (約 4 mmt)
試験数	n=1
試験雰囲気	窒素 (100 ml/min) [露点 : -55 °C以下]
昇温速度	5°C/min
試験荷重	圧縮荷重 26 mN (面圧が約 4±0.1 kPa に相当)
プローブ径	約 2.9 mm φ
試験温度範囲	-30 °C ~ 80 °C
アニール処理	なし
測定方向	MD/TD

5.1.3 実施結果

(1) FT-IR 測定による PP 純度測定

サンプル1、サンプル2、サンプル3について、各ロット 10 水準測定を行い、PP 純度の平均値及びばらつきの範囲をグラフ (図 5.8) にまとめた。

また各ロット PE、PS、PET を含む組成の平均についても、表 5.12、表 5.13、表 5.14 にまとめた。

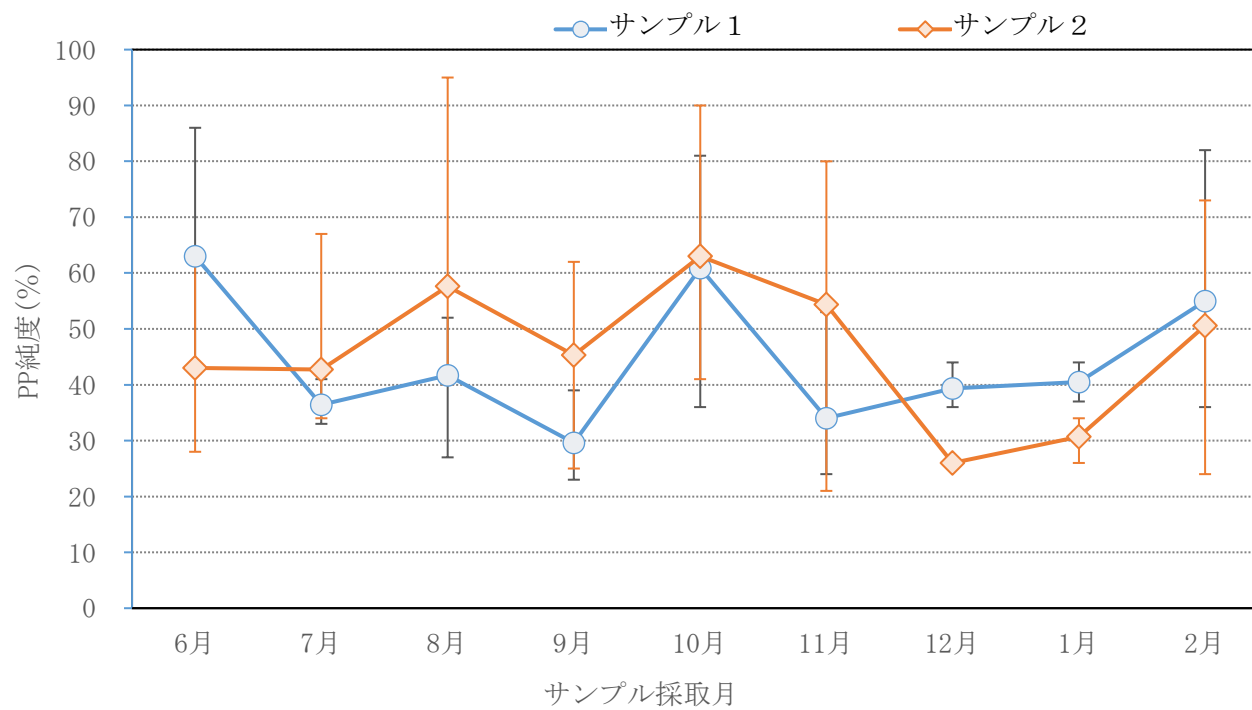


図 5.8. PP 純度のばらつき

表 5.12. サンプル 1 の通年での組成評価結果

樹脂種	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	平均
PP	63	36	42	30	59	34	39	40	55	44
PE	26	51	48	61	30	59	52	52	38	46
PS	3	3	4	4	5	4	8	8	5	5
PET	8	10	6	5	6	4	1	0	3	5

表 5.13. サンプル 2 の通年での組成評価結果

樹脂種	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	平均
PP	43	43	58	44	61	54	26	31	50	46
PE	46	50	35	46	30	38	65	64	43	46
PS	4	4	3	4	3	4	4	5	4	4
PET	8	4	4	6	6	4	5	1	2	4

表 5.14. サンプル 3 の組成評価結果

樹脂種	8月		12月
	軟質プラスチック	硬質プラスチック	硬質プラスチック
PP	70	84	83
PE	30	16	17
PS	検出なし		
PET			

結果、PP 純度は全体的に低く、ばらつきも大きいという結果が得られた。

PE、PS、PET の組成を併せて確認すると、PE はサンプル 1、サンプル 2 共に平均 46% となり、PS、PET は合計で、サンプル 1 で平均 10%、サンプル 2 で平均 8% という結果が得られた。

PP 純度については、(株) 富山環境整備にて実施する $^1\text{H-NMR}$ 測定の結果と比較すると、低い数値が出ており、また同様に PE についても比較して高い数値が出てきている。

PP には、機能性を付与する目的で「ホモ PP」にエチレンを共重合する方法の違いにより「ランダム PP」、「ブロック PP」がある (表 5.15)。本検証結果においては、PP の内、ランダム PP、ブロック PP に含まれる PE 部が検出された結果、PP の純度が下がり、PE の純度が上がったものと思われる。

表 5.15. ポリプロピレンの種類

種類	特徴
ホモ PP	プロピレンだけが連続的に連結された構造を持つ
ランダム PP	プロピレンの鎖の中に、微量のエチレンがランダムに挿入された構造を持つ
ブロック PP	プロピレンの結晶性ホモポリマー鎖の中に、エチレンが高濃度でブロック状に挿入された構造を持つ

なお、サンプル 3 については、8 月の組成調査 (2 章) 時点のサンプルは、関係者にてハンディ IR を使用して手選別した結果であったため、分別精度が高く、PS、PET は検出されず、サンプル 1、サンプル 2 と比較して、PP の純度についても高いという結果になった。

また 12 月の市民から分別回収した廃プラスチックを原料にしたサンプルについては、硬質プラスチックに偏ったこともあり、こちらも PS、PET は検出されず、8 月分と同様サンプル 1、サンプル 2 と比較して PP 純度が非常に高いという結果となった。

(2) ペレット断面・熱プレスシートの顕微鏡観察

通年で観察を行った結果、基本的には全水準において、殆ど同様の結果が得られた。

本実証では、その内、6 月にサンプルを採取したサンプル 1 及びサンプル 2 の結果を抜粋して、図 5.9、図 5.10、図 5.11、図 5.12、図 5.13、図 5.14 及び表 5.16、表 5.17 に示す。



図 5.9.サンプル1ペレットの表裏写真



図 5.10.サンプル2ペレットの表裏写真

表 5.16. サンプル1_6月分サンプル_組成調査結果詳細

組成比率	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	平均	標準偏差
PP	86	66	59	82	42	56	57	65	51	66	63	13
PE	4	19	30	6	46	34	32	28	42	23	26	14
PS	2	3	3	2	3	3	3	4	4	3	3	0
PET	8	13	8	10	9	6	7	4	4	8	8	3

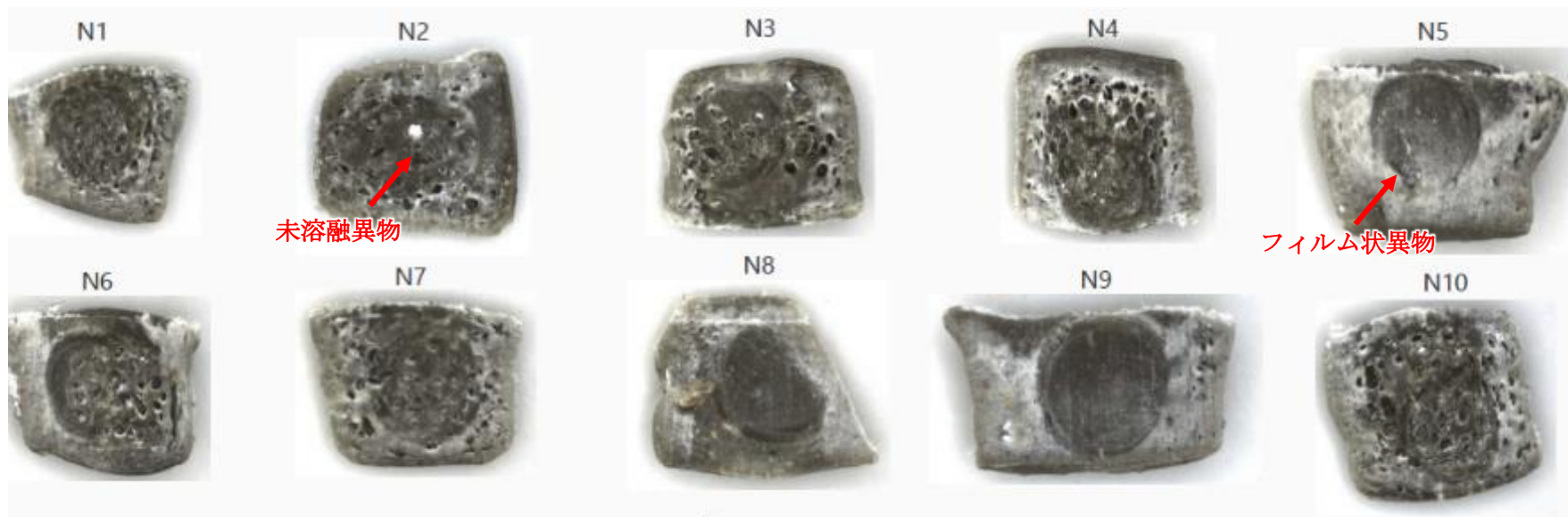


図 5.11. サンプル1_6月分サンプル断面画像

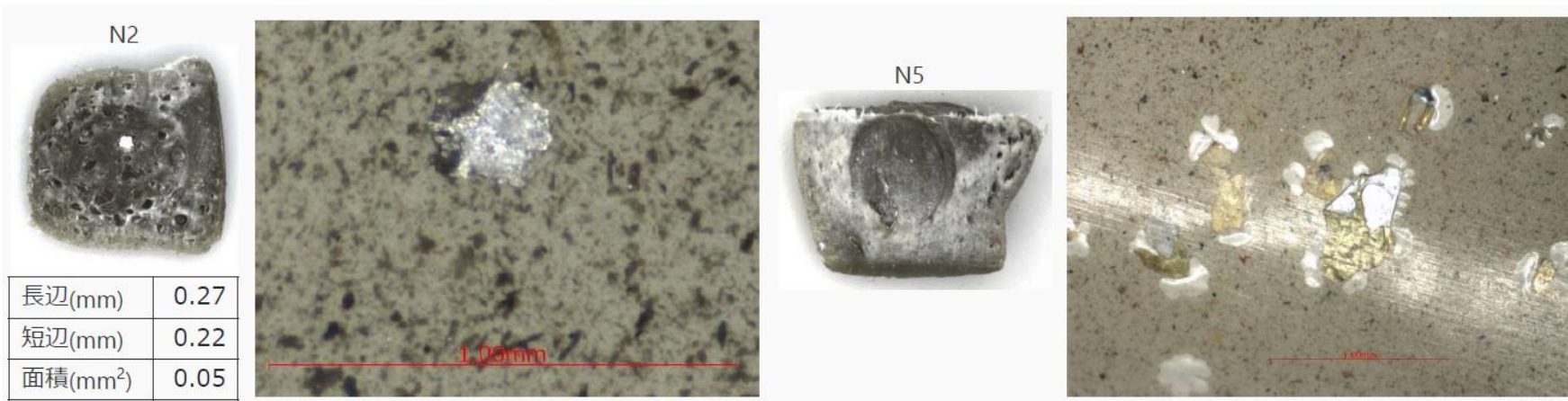


図 5.12. サンプル1_6月分サンプル_熱プレスによる異物観察画像

表 5.17. サンプル2_6月分サンプル_組成調査結果詳細

組成比率	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	平均	標準偏差
PP	62	35	43	42	55	42	28	31	64	28	43	13
PE	30	58	41	42	33	50	55	60	28	59	46	12
PS	4	5	3	2	4	5	2	5	4	3	4	1
PET	3	2	13	14	8	3	15	5	4	11	8	5

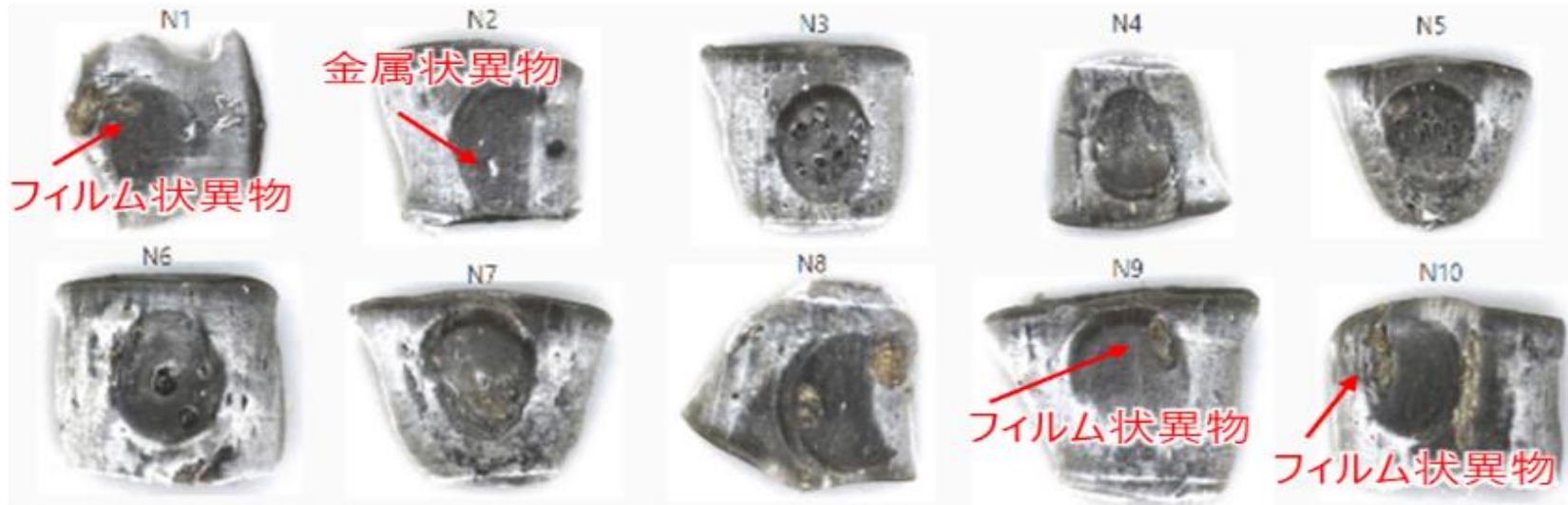


図 5.13. サンプル2_6月分サンプル断面画像

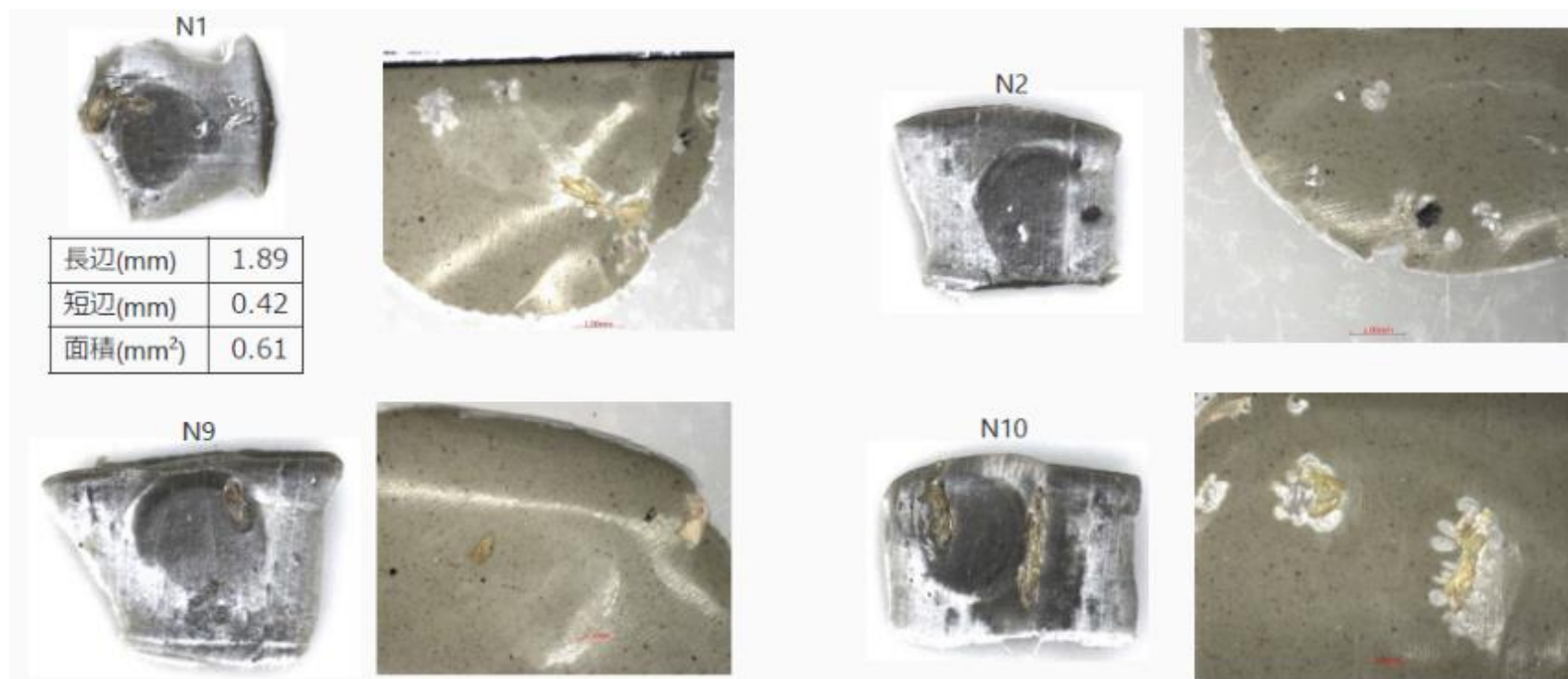


図 5.14. サンプル2_6月分サンプル_熱プレスによる異物観察画像

結果、サンプル1、サンプル2では、全ロットで同様に、フィルム状及び金属状の異物が観察された。

前項の FT-IR による組成調査結果と比較すると、FT-IR の測定部にフィルム状異物が見られる水準については、他水準と比較して PP や PET の組成の偏りが見られ、ペレットの組成との相関が見られた。

また金属については FT-IR 測定には影響を及ぼさないため、組成分析には特異な結果は見られなかった。

また 12 月分のサンプル3においても、同様の観察を行った結果を図 5.15、図 5.16、図 5.17 及び表 5.18 に示す。

回収物の大半が製品プラスチックであったことも影響したためか、異物含有は非常に少なく、ペレット表面にも凹凸は見られなかった。

しかし、全体的に黒色の異物が多数確認され、一部のペレットでは繊維状の異物が確認されたが、非常に少量かつ微細な異物なため、組成には影響を及ぼさなかったものと考えられる。

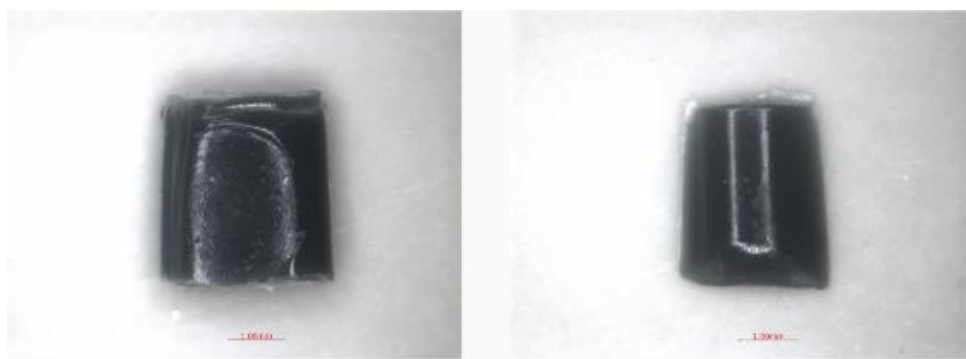


図 5.15. サンプル3_12月採取分_ペレットの表裏写真

表 5.18. サンプル3_12月分サンプル_組成調査結果詳細

組成比率	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	平均	標準偏差
PP	77	80	80	84	86	88	87	87	80	77	83	4
PE	23	20	20	16	14	12	13	13	20	23	17	4
PS	検出なし											
PET												



図 5.16. サンプル3_12月分サンプル断面画像

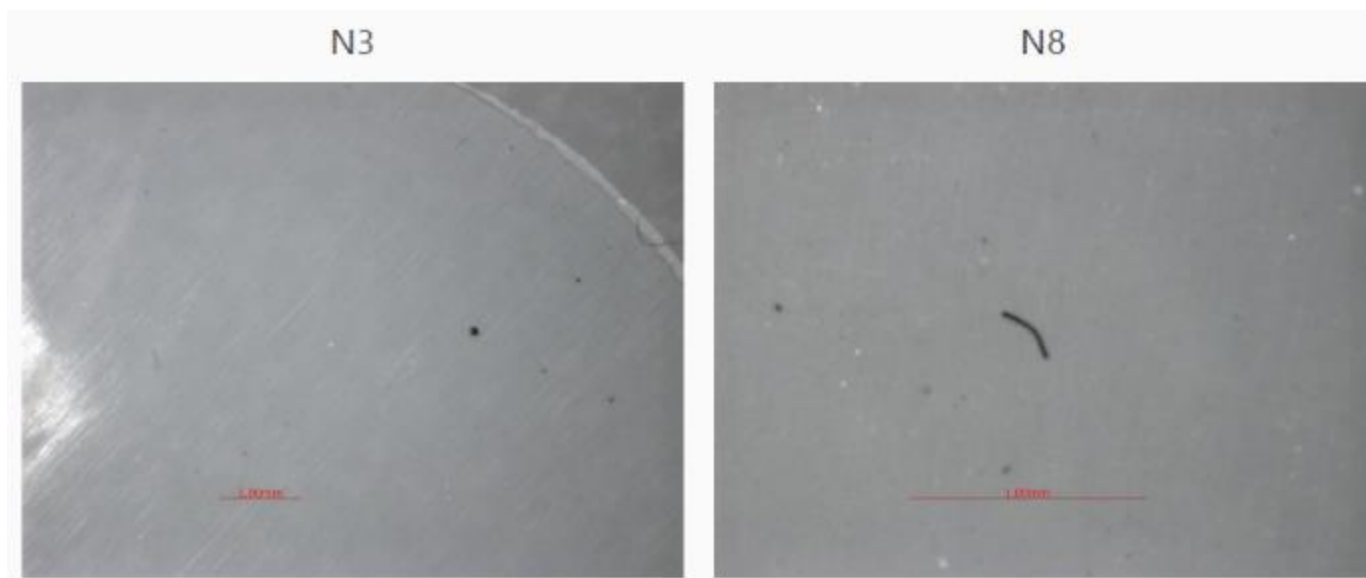


図 5.17. サンプル3_12月分サンプル_熱プレスによる異物観察画像

本年度は現状把握のために、異物の状態を顕微鏡で観察してきた中で、PP以外の樹脂種や金属等の異物が除去しきれずに多数混在しており、FT-IR測定での簡易組成調査にも大きく影響を及ぼすことが分かった。

そのため令和8年度以降、PP純度向上検討の効果確認には、凍結粉碎したサンプルを¹H-NMRで測定するなど、より高精度な分析手法を用いて検証することを検討する。

また異物の除去に向けては、処理プロセス一体で異物の除去を目指していくが、除去すべき異物の詳細把握のため、灰分分析や蛍光X線による無機異物分析を通じて、異物分析を行い、効果的な異物除去プロセスの検討に活用していく。

(3) 機械物性

JAMAの設定する汎用PP①目標の達成に向けて、まずは検討のベースとなるサンプル1及びサンプル2について、通年で物性測定を行い、その実力値とばらつきの把握を実施してきた。

それらの結果を表 5.19 にまとめた。

表 5.19. サンプル 1、サンプル 2_物性データまとめ

項目	条件	単位	JAMA 目標	サンプル 1		サンプル 2	
				配合前	判定	配合前	判定
配合 (PCR 比率)	—	%	25 以上	100	○	100	○
密度	—	g/cm ³	0.88~0.94	0.938~0.955	×	0.927~0.955	×
引張降伏強さ	23℃	MPa	20 以上	23 以上	○	24 以上	○
引張弾性率	23℃	Mpa	1000 以上	1001 以上	○	1041 以上	○
引張破断伸び	23℃	%	15 以上	-54 以上	×	-73 以上	×
曲げ弾性率	23℃	MPa	1000 以上	1101 以上	○	1113 以上	○
曲げ強さ	23℃	MPa	25 以上	30 以上	○	31 以上	○
シャルピー衝撃値	23℃	kJ/m ²	5 以上	3.9 以上	×	4.1 以上	×
	-30℃	kJ/m ²	2 以上	1.0 以上	×	0.8 以上	×
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	80 以上	74 以上	×	77 以上	×
MFR	230℃ 2.16kg	g/10min	18~28	5~7	×	4~10	×

※赤字は JAMA 汎用 PP①の規格外

※ばらつき (3σ) を加味した判定 (σ : 標準偏差)

サンプル1及びサンプル2の各ロットサンプルについて、 3σ でのばらつきを加味して判定した結果より、JAMA汎用PP①の規格項目に対して、サンプル1では10項目中7項目、サンプル2では10項目中6項目で目標未達という結果となった。

その中でも特に引張破断伸びでは大きくばらつきがみられた。

密度に関しては、目標値の上限を超過する高い数値が出ており、これはPSやPETといった、PP、PEよりも密度の高い樹脂種の混入とアルミ箔、アルミ蒸着等の重量の大きい金属異物が混入した結果と考えられる。

引張降伏強さ、引張弾性率、曲げ弾性率、曲げ強さといった基礎的な機械物性については、目標値に近い数値、もしくは目標を達成する数値が観測された。これはPP、PEといったオレフィン系の樹脂が大半を占めた結果と考えられる。しかし、引張破断伸びに関しては、大きなばらつきが見られた。これはPEが混合したことにより、PPで想定される数値を大きく超える伸びが観測された結果であると考ええる。

シャルピー衝撃値については、常温条件、低温条件共に目標を下回る結果となったが、これは異物を起点として割れが発生しやすくなっていることと、そもそもの原料の耐衝撃性が自動車向け程高く設計されていないことが要因と考えられる。

荷重たわみ温度については、目標値に近い数値が観測されており、これもPP、PEといったオレフィン系の樹脂が大半を占めた結果と考えられる。

MFRについては、押出成形で生産される容器包装プラスチックが原料の大半を占め、その製法上、射出成型で生産される自動車内装部品向けの原料と比較して、低いMFRで設計されていることが要因であると考えられる。

これらの結果から、物性の改質には異物の除去と流動性の除去が特に重要であることが分かった。

また3.3節得られた12月分のサンプル3の機械物性の測定結果を表5.20にて示す。

表 5.20. サンプル 3_12 月分_物性測定結果

項目	条件	単位	JAMA 目標	サンプル 3	
				配合前	判定
配合 (PCR 比率)	—	%	25 以上	100	○
密度	—	g/cm ³	0.88~0.94	0.914	○
引張降伏強さ	23°C	MPa	20 以上	26	○
引張弾性率	23°C	Mpa	1000 以上	1120	○
引張破断伸び	23°C	%	15 以上	40	○
曲げ弾性率	23°C	MPa	1000 以上	1130	○
曲げ強さ	23°C	MPa	25 以上	33	○
シャルピー衝撃値	23°C	kJ/m ²	5 以上	4.6	×
	-30°C	kJ/m ²	2 以上	1.2	×
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	80 以上	82	○
MFR	230°C 2.16kg	g/10min	18~28	36	×

12 月分のサンプル 3 は、硬質プラスチックに偏ったこともあり、シャルピー衝撃値、MFR 以外の物性は JAMA の汎用 PP①目標を達成するという結果となった

これは射出成形にて製造される製品プラスチックが多く、比較的自動車内装部品向けバージン PP の物性に寄った結果と考えられる。

しかし、シャルピー衝撃値については、サンプル 1、サンプル 2 同様未達であり、これは同様に異物による影響と原料の材料設計の結果と推察される。

また MFR が上限値を超過した結果、目標未達となったが、物性の改善要因となった製品プラスチックが大半を占めた結果の反面、高流動性の原料が多くなった結果、もしくは外部で長期間使用される製品プラスチックが多数入った結果、劣化した樹脂の割合が高まったためと推察される。

(4) 成形収縮率及び線膨張係数

成形収縮率及び線膨張係数はいずれも、樹脂の寸法変化に関する材料特性値であり、製品設計及び寸法管理のために用いられる一般的な物性値である。

成形収縮率は成形後の寸法変化を示した値であり、線膨張係数は温度変化に対する寸法変化の度合いを示す指標である。

サンプル 1 のバージン材配合品でサンプル確保時期の異なる 3 検体、サンプル 2 のバージン材配合品でサンプル確保時期の異なる 3 検体、また 8 月及び 12 月にサンプルを確保し

たサンプル3のバージン材配合品の2検体、合計8サンプルの測定を行った。

その結果は表 5.21 に示す。

今回測定したサンプルでは全てのサンプルにおいて、バージン材と比較して、成形性に大きな影響を与えるほど有意な差は見られなかった。

表 5.21. 成形収縮率及び線膨張係数の測定結果

評価項目		(参考)	サンプル 1 配合後			サンプル 2 配合後			サンプル 3 配合後	
		バージン材	サンプル確保時期							
			A	B	C	A	B	C	8月	12月
成形収縮率 (/1000)	MD	15.1	15.1	15	15.1	15.1	15	15.1	15.1	15
	TD	15.8	16.4	16.3	16.2	16.5	16.7	16.5	16.4	16.1
線膨張係数 ($\times 10^{-5}$)	MD	11.3	10.7	10.97	10.93	10.82	10.9	10.94	9.22	9.52
	TD	13.3	12.31	12.34	12.39	12.38	12.48	12.31	13.2	13.4

5.2 最適処方を目途付け

予備検証で得られたサンプル1の物性値を基に、バージン材の配合比率を調整することによる、物性の改善状況を確認し、最適処方の目途付けを実施した。

5.2.1 実施概要

予備検証で得られたサンプル1の物性値を基に、バージン材を50%、70%、90%の比率で配合することでの物性値の変化を観察し、最適処方の検証を行った。

またバージン材配合後のサンプル1、サンプル2の機械物性を定点観測することで、最適処方における物性のばらつき把握を実施した。

5.2.2 実施方法

サンプル1、サンプル2、サンプル3の各サンプルにおいて、3.2.2項のコンパウンド設備を用いて、バージン材との混錬を行い、5.1.2(3)の設備を使用して機械物性の測定を実施した。

5.2.3 実施結果

(1) バージン材配合比率検証

バージン材を50%、70%、90%の比率で配合した場合の、物性改善状況を表5.22に示す。

表 5.22. 物性改善処方検討

項目	条件	単位	JAMA 目標	サンプル 1 4 月度	バージン PP 希釈		
配合 (PCR 比率)	—	%	25 以上	100	50	30	10
密度	—	g/cm ³	0.88~0.94	0.942	0.923	0.915	0.909
引張降伏強さ	23°C	MPa	20 以上	26.1	25.8	26.3	26.9
引張弾性率	23°C	Mpa	1000 以上	1170	1350	1370	1440
引張破断伸び	23°C	%	15 以上	170	52	22	24
曲げ弾性率	23°C	MPa	1000 以上	1210	1260	1330	1390
曲げ強さ	23°C	MPa	25 以上	33.5	34.2	35.1	36.8
シャルピー衝撃値	23°C	kJ/m ²	5 以上	4.6	5.8	6.2	6.8
	-30°C	kJ/m ²	2 以上	1.2	2.1	2.2	2.2
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	80 以上	81	88	95	95
MFR	230°C 2.16kg	g/10min	18~28	6	13	18	26

※赤字は JAMA 汎用 PP①の規格外

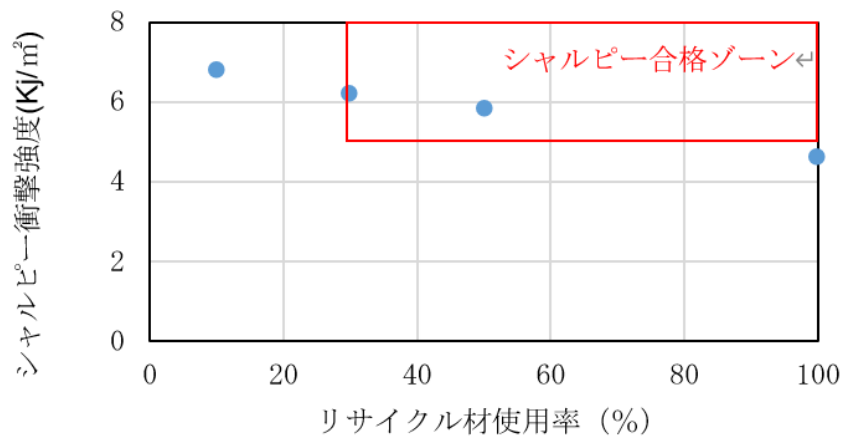


図 5.18. バージン材配合率によるシャルピー衝撃強度の変化

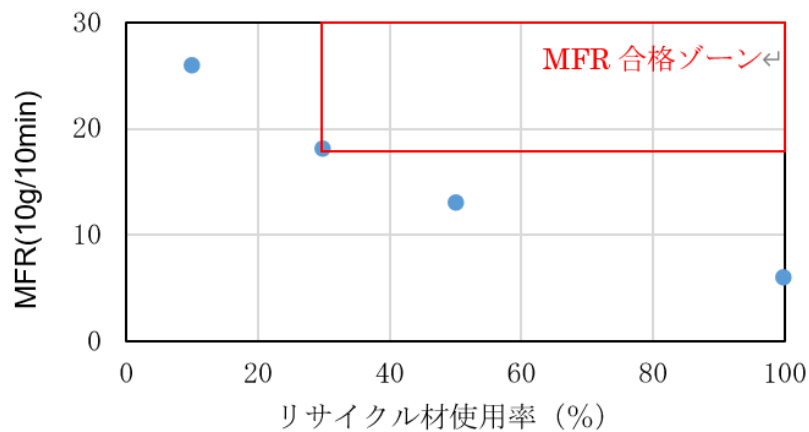


図 5.19. バージン材配合率による MFR の変化

初期検討において、バージン材を 70% 配合することで JAMA 汎用①の目標物性を満足する結果が得られたため、バージン材 70% 配合を最適処方と定めた。

(2) バージン材配合品による物性のばらつき把握

サンプル 1、サンプル 2 の各サンプルに、前項で決定した最適処方を施した場合の機械物性のばらつき把握のため、通年で実施した機械物性の測定結果を表 5.23 にまとめた。

表 5.23. 最適処方での物性データまとめ

項目	条件	単位	JAMA 目標	サンプル1				サンプル2			
				配合前	判定	配合前	判定	配合前	判定	配合前	判定
配合 (PCR 比率)	—	%	25 以上	100	○	30	○	100	○	30	○
密度	—	g/cm ³	0.88~ 0.94	0.938~ 0.955	×	0.914~ 0.921	○	0.927~ 0.955	×	0.913~ 0.920	○
引張降伏強さ	23°C	MPa	20 以上	23 以上	○	24 以上	○	24 以上	○	25 以上	○
引張弾性率	23°C	Mpa	1000 以上	1001 以上	○	1175 以上	○	1041 以上	○	1231 以上	○
引張破断伸び	23°C	%	15 以上	-54 以上	×	以上	×	-73 以上	×	1 以上	×
曲げ弾性率	23°C	MPa	1000 以上	1101 以上	○	1281 以上	○	1113 以上	○	1299 以上	○
曲げ強さ	23°C	MPa	25 以上	30 以上	○	33 以上	○	31 以上	○	34 以上	○
シャルピー 衝撃値	23°C	kJ/m ²	5 以上	3.9 以上	×	5.0 以上	○	4.1 以上	×	5.6 以上	○
	-30°C	kJ/m ²	2 以上	1.0 以上	×	2.0 以上	○	0.8 以上	×	2.0 以上	○
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	80 以上	74 以上	×	87 以上	○	77 以上	×	88 以上	○
MFR	230°C 2.16kg	g/10min	18~28	5~7	×	16~21	×	4~10	×	16~23	×

※赤字は JAMA 汎用 PP①の規格外

※ばらつき (3σ) を加味した判定 (σ : 標準偏差)

結果、10項目中8項目でJAMAの汎用PP①目標をばらつきを加味して達成するという結果が得られたが、引張破断伸びとMFRについては、引き続き未達という結果となった。

引張破断伸びについては、5.1.3(3)に記載した過剰な伸びの発生によるばらつきではなく、破断による目標の未達となった。

これはPE成分が希釈され、自動車内装部品向けのバージンPP成分の特性が優位になった結果、異物を起点にした破断が発生しやすくなった結果であると推察される。

また、12月に確保したサンプル3に最適処方を実施した際の機械物性測定の結果を表5.24にまとめた。

表 5.24. サンプル3_ (12月分) 物性測定結果

項目	条件	単位	JAMA 目標	サンプル 3			
				配合前	判定	配合後	判定
配合 (PCR 比率)	—	%	25 以上	100	○	30	○
密度	—	g/cm ³	0.88~0.94	0.914	○	0.909	○
引張降伏強さ	23°C	MPa	20 以上	26	○	28	○
引張弾性率	23°C	Mpa	1000 以上	1120	○	1380	○
引張破断伸び	23°C	%	15 以上	40	○	24	○
曲げ弾性率	23°C	MPa	1000 以上	1130	○	1340	○
曲げ強さ	23°C	MPa	25 以上	33	○	37	○
シャルピー衝撃値	23°C	kJ/m ²	5 以上	4.6	×	7.3	○
	-30°C	kJ/m ²	2 以上	1.2	×	2.2	○
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	80 以上	82	○	94	○
MFR	230°C 2.16kg	g/10min	18~28	36	×	32	×

結果、シャルピー衝撃値の値が改善され、MFR 以外の 9 項目で JAMA の汎用 PP①目標を達成するという結果が得られた。

これはバージン材配合前に未達要因として推察された、そもそもの原料の耐衝撃性の低い材料設計が、70%自動車内装部品向けのバージン材を添加することで、バージン材の特性が優位になり、目標達成に繋がったものと考えられる。

今後、引き続き、サンプル 1、サンプル 2 で確認された、バージン材配合後の引張破断伸びの未達要因については解析を実施していくが、いずれにせよ材料中の異物が生産性の低下、物性低下、外観不良の発生に大きく影響を及ぼすことが、本章までの検証の中で明らかになった。

最適処方として設定したバージン材 70%配合から、更にバージン材の配合量を増やすことは、欧州 ELV 規則への適合を目指した検討においては、実施不可であり、30%のリサイクル材料配合を維持しようとする場合、前工程でのリサイクル原料の純度向上、異物除去精度をいかに向上させるかが重要になる。令和 8 年度以降の取組みの中で処理プロセス全体での解決を引き続き検討していく。

6 製品試作・評価

本事業は自治体市民による精緻分別により得られた高品質な廃プラスチックを原料に、自動車内装部品に適用可能なリサイクル PP の製造を目指している。本章では、亀岡市で分別回収された PP（サンプル 3）から得られた材料を使用した製品試作及び製品寸法評価の結果を報告する。

6.1 実施概要

3.3 節で得られたサンプル 3 に 5.2 節で検討した最適処方を行った表 5.24 で物性を示すサンプル（サンプル 3 配合後）を原料に自動車内装部品を試作し、製品の簡易評価を行うことで、自動車内装部品への活用可能性の検証を行った。

6.2 実施方法

6.2.1 製品試作

試作は、3.3 節で得られたサンプル 3 に最適処方を行ったサンプル（サンプル 3 配合後）を、表 6.1 に示すとおり射出成形で製品試作を行った。最適処方の内容は 5.2 節で検討したとおりである。またサンプルの物性は表 5.24 に示すとおりである。参考として試作した部品の形状を図 6.1 に、ドアトリムにおける部品の取り付け位置を図 6.2 に示す。

表 6.1. 試作製品形状及び使用設備詳細

試作製品形状	自動車内装フロントドアトリム（右側）のアップパー部品
使用設備	850t 射出成形機



図 6.1. 本試験に用いたアップパー部品形状



図 6.2. ドアトリム全体（赤枠点線部が図 6.1 に相当）

6.2.2 製品評価方法

① 成形時の樹脂の充填

成形型内での樹脂の流れ方及び充填不良の有無を確認するため、各樹脂に対し、充填時間ごとの樹脂の充填状態を観察した。

② 外観品質

成形形状、意匠面の異常を確認するため、成形部品の表面の傷つき、ガスだまり跡、異物等の有無を観察した。

③ 製品寸法











成形後の収縮による製品の変形を確認するため、寸法測定時に安定固定させる治具を製作し、3次元測定機（キーエンス製、WM-6000）を用い製品の寸法評価を行った。

6.3 評価結果

① 成形時の樹脂の充填

バージン材（MFR 32）、リサイクル材（MFR 32）で MFR に違いは見られず、今回の樹脂種の違いによる各充填時間の変化の中でも、樹脂の充填状況に大きな変化は見られなかった。（表 6.2）

表 6.2. 樹脂充填時間と成形品形状及び重量

	充填時間 (sec.)				
	0.45	0.9	1.35	1.8	フルパック
リサイクル材					
重量 (g)	11.0	83.0	168.4	236.4	259.8
バージン材					
重量 (g)	9.0	86.2	169.4	232.6	259.4

② 外観品質

リサイクル材水準でガスだまり跡、シルバーライン等の成形品外観の異常は見られなかったが、図 6.3 のような $\phi 100\sim 500\mu\text{m}$ の黒色粒状物や白色粒状物を成形品内に観察することができた。

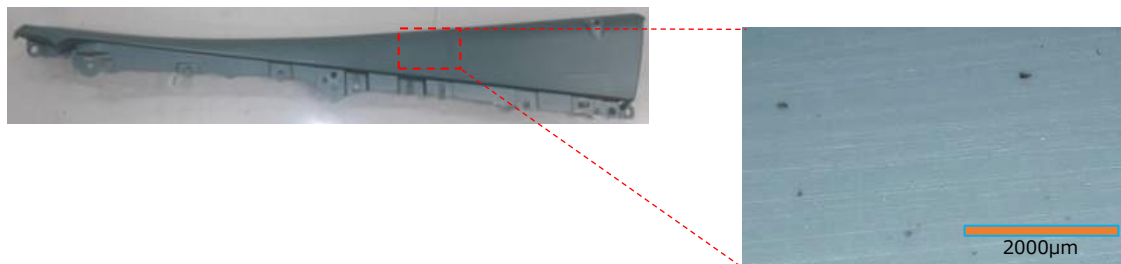


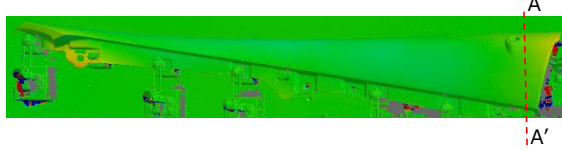
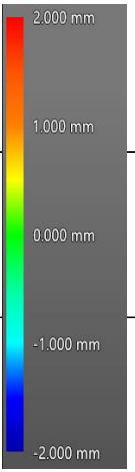
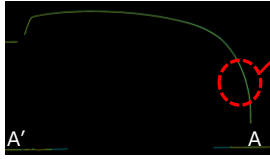
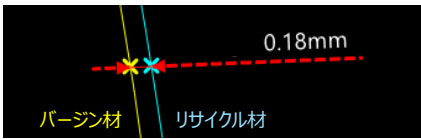
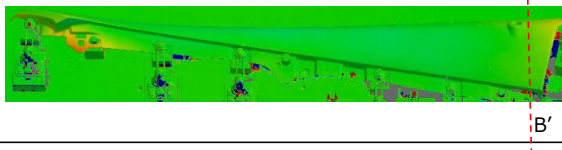
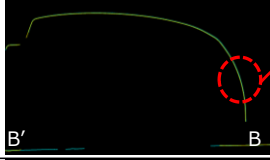
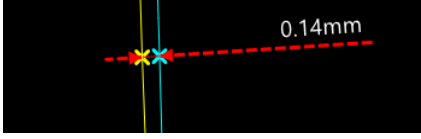
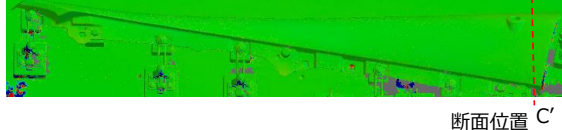

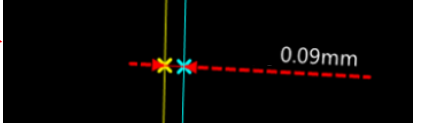
図 6.3. リサイクル材成形品中に見られる黒色粒状物

③ 製品寸法

3次元計測機による計測結果を表 6.3 に示す。バージン材に対するリサイクル材の著しい寸法差異がないことが確認された。

固定治具・成形品間の浮きは無く、取り付け面の異常も無かった。

表 6.3. バージン材に対するリサイクル材の寸法変化

	全体	変位量	断面位置 (外観)	断面位置 (拡大)
バージン材①に対する リサイクル材①の形状				
バージン材①に対する リサイクル材②の形状				
バージン材①に対する リサイクル材③の形状				

バージン材で成形した任意のサンプルであるバージン材①に対して、サンプル3に最適処方を実施したリサイクル材で成形した任意のサンプルであるリサイクル材①、リサイクル材②、リサイクル材③のそれぞれの寸法の差異を示す。

今回のリサイクル材の水準で 100～500 μ m の大きさの黒色、白色の粒状物質が成形物内に分散していることが確認された。

リサイクル材料由来なのか、分別処理工程のコンタミ由来なのか不明であるが、コンパウンド工程の 60×60 メッシュフィルターでは通過してしまうレベルと思われる。

今回の成形時の異常にはつながらなかったが製品物性への影響が懸念される。

異物除去に効果のある工程を絞り込み、令和 8 年度の品質向上につなげていく。

7 LCA の検証・評価

本章では、本事業による容器包装プラスチックのリサイクルスキームの構築が、ライフサイクル全体で環境負荷をどの程度低減することができるか定量的に評価する。

7.1 検討概要

本事業を通じて、容器包装廃プラスチック、製品プラスチックのマテリアルリサイクルを行うにあたり、その製品やサービスにおける原料調達から、廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通しての環境負荷を定量的に評価する手法（ライフサイクルアセスメント。以下、LCA と呼ぶ）は、CO₂をはじめとする温室効果ガスの排出源を特定し、それに対する有効な施策を評価するうえで極めて重要である。

LCA を実施するうえでは、バウンダリや、機能単位、ケース・シナリオといった前提条件を設定したうえで、現在の活動量の把握を行い、各工程での GHG 排出量を把握することが重要となる。

本事業ではエネルギー起源・非エネルギー起源といった切り口で、ライフサイクル（回収—解体—リサイクル（一部廃棄）—原料製造—製品製造）を定義し、可能な範囲でのライフサイクル上の 1 次データ把握を行う。

また、把握した各種インベントリデータを活用し、ライフサイクルを通じマテリアルリサイクルを実施した場合の CO₂ 排出量の評価を行う。

さらに、ベースラインとなることが想定されるバージン材を使用し焼却廃棄を行う PP 製品と比較した際の CO₂ 排出量削減効果についても試算を行う。

7.2 検討方法

リサイクル性を考慮した CO₂ のライフサイクル検証・評価を行うにあたり、前提となる条件設定の考え方を表 7.1 に示した。

表 7.1. ライフサイクル検証・評価における条件設定

項目	設定方法	設定条件
評価対象製品	プラスチックを代替する素材	一般市民排出の容器包装・製品プラスチックからマテリアルリサイクルにより製造した PP（リサイクル素材）
ベースライン	比較対象として代替されるプラスチック	石油化学由来の PP（バージン素材）
機能単位	評価対象製品の用途を想定し、用途製品の機能を特定し、その機能のある単位で定量化したもの	PP 製品製造時に必要となる原料 PP [kg]

評価範囲に関して、対象製品・サービス等の排出量とベースライン排出量の定量化においては、原則として、それぞれに関わる製品・サービス等のライフサイクル全体が算定範囲となる。

一方、日本 LCA 学会「温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン」より「削減効果を発揮する最終製品等とベースラインが、同一の段階やプロセスを有しており、温室効果ガス排出量に差がないと認められる場合には、それらの算定を省略してもよい。」との記載に倣い、一部のプロセスを評価対象外と設定した。

<ライフサイクルでのCO2削減効果>

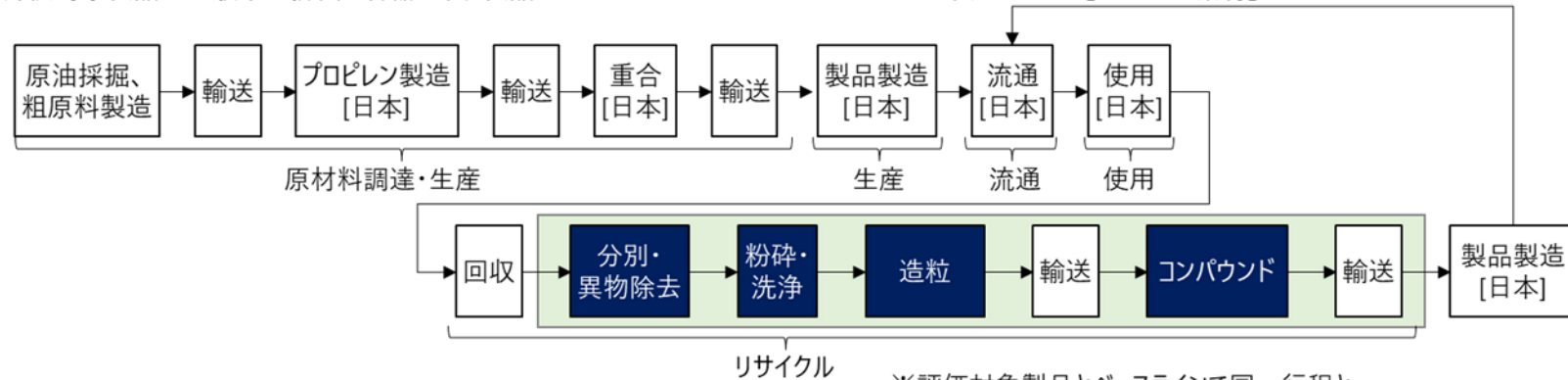
<凡例> 評価対象範囲

フォアグラウンドデータ

③ 条件設定 <機能単位> PP製品製造時に必要となる原料PP [kg]

バックグラウンドデータ

<評価対象製品：一般市民排出の容器包装・製品プラスチックからマテリアルリサイクルにより製造したPP [リサイクル素材]>



<ベースライン：石油化学由来のPP [バージン素材]>

※評価対象製品とベースラインで同一行程と想定されるため、評価対象外とする

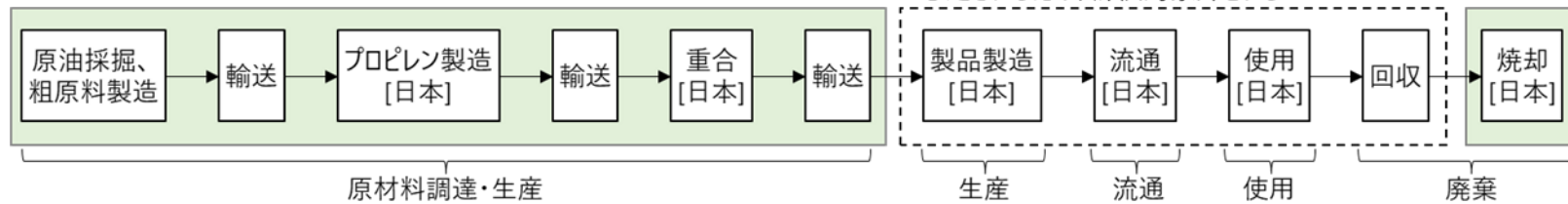


図 7.1. ライフサイクル検証・評価における評価範囲

ライフサイクル検証・評価においては、可能な限り、フォアグラウンドデータ取得に努めるが、意思決定者のコントロール下でない（もしくは影響を及ぼすことが難しい）プロセスのデータ（例：自社が購入する系統電力の発電や汎用的な素材の製造時のインベントリデータ）に関してはバックグラウンドデータとして、公開情報を元にデータを収集した。

使用したバックグラウンドデータ源とその理由を表 7.2 に記載する。

表 7.2. バックグラウンドデータ源

段階	プロセス	使用データ源	LCA の目的との整合性 (左記データ源使用の理由)
原材料調達・生産 (リサイクル材)	PP 製品の輸送	IDEA Ver. 3.4	本データベースはプロセスデータによる積上げインベントリデータの作成を行っているため、バックグラウンドデータとして妥当性があると判断したため。
原材料調達・生産 (バージン材)	PP 製品の製造、輸送	IDEA Ver. 3.4	本データベースはプロセスデータによる積上げインベントリデータの作成を行っているため、バックグラウンドデータとして妥当性があると判断したため。
廃棄・リサイクル	回収・焼却・リサイクル	社内独自算出	IDEA 等公開データベースに係数が存在しないため、PP に含まれる炭素元素及びモル数より独自算出。

また、エネルギー起源 CO₂ と非エネルギー起源 CO₂ の整理を表 7.3 に示す

表 7.3. エネルギー起源・非エネルギー起源 CO₂ の整理

項目	定義	例
エネルギー起源 CO ₂	熱や電気、動力を目的として、燃料を燃焼することで発生する二酸化炭素と定義。	化石燃料（都市ガス、重油、ガソリン、軽油等）、電気、蒸気
非エネルギー起源 CO ₂	工業プロセスにおける化学反応や廃棄物の処理などで発生する二酸化炭素と定義。	廃棄物の焼却処分

7.3 検討結果及び考察

(1) 事業性（市場規模）の評価

本容器包装廃プラスチックの材料リサイクルを実装した際の CO₂ 削減効果を試算するにあたり、将来の事業規模を先に示す。実証事業終了時点においては、トヨタ紡織生産製品について、1 台当たりの PP 使用量を算出し、そこに 2030 年の生産予測台数をかけ合わせることで、トヨタ紡織の使用するリサイクル PP 7,000t/年を市場規模に設定した。また本事業の普及段階は、2030 年以降、毎年リサイクル PP を使用した車種が増えていくことを想定し、一般的な自動車のモデルチェンジサイクルである 6 年後の 2036 年にピークを迎えるトヨタ紡織の使用するリサイクル PP 21,000t/年と設定した。

(2) CFP 及び CO₂ 削減効果の評価

上述の条件を基に、実証終了段階及び普及段階における CO₂ 削減量を「エネルギー起源/非エネルギー起源での整理」「ベースラインとの比較整理」及び「ベースラインからの CO₂ 削減量」といった軸で整理した結果を表 7.4 に示す。

表 7.4. 実証終了段階、普及段階における工程別 CO₂ 排出量とベースラインからの削減量

1) 実証期間中：亀岡市由来PP 150t

(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	
エネルギー起源	/	/	/	/	142	142	215	/	/	/		215	215	/	/	/		-142	73
非エネルギー起源	/	/	/	/			105	/	/	/	468	573	105	/	/	/		468	573
合計	/	/	/	/	142	142	320	/	/	/	468	788	320	/	/	/		326	646

2) 実証後波及効果：トヨタ紡織最大必要量 21,000t

(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	
エネルギー起源	/	/	/	/	21,037	21,037	30,321	/	/	/		30,321	30,321	/	/	/		-21,037	9,284
非エネルギー起源	/	/	/	/			14,731	/	/	/	65,940	80,671	14,731	/	/	/		65,940	80,671
合計	/	/	/	/	21,037	21,037	45,052	/	/	/	65,940	110,992	45,052	/	/	/		44,903	89,955

実証終了段階では、エネルギー起源といった視点で見ると、CO₂ 排出削減量は 73t となったが、非エネルギー起源も含めた合計値で見ると、646t となった。

また普及段階では、エネルギー起源といった視点で見ると、CO₂ 排出削減量は 9,284t となったが、非エネルギー起源も含めた合計値で見ると、89,955t となった。

令和 7 年度は評価製品、ベースラインの考え方を再整理し、一部のデータをフォアグラウンドデータに置き換えることで、LCA 計算の精緻化を行ったが、その中にも一部推測が入る結果となった。

令和 8 年度は LCA 計算の更なる精緻化と、自動車部品製造工程において、エネルギー使用量に変化があるか検証する。

8 リサイクル技術の情報収集

本章では、サーキュラーエコノミー技術に関わる展示会等で、樹脂に関する最新技術について情報収集を行い、本事業への活用を検討した結果を報告する

8.1 検討概要

本実証では、従来トヨタ紡織及び共同実施者が保有する設備、技術を活用して、自動車内装部品に適用可能なリサイクル PP ペレットの製造を目指しているが、異物除去、におい除去、物性改善等、従来設備では解決できない課題が出てくる可能性がある。

そのため、以下に示すサーキュラーエコノミー技術に関わる展示会等で、樹脂に関する最新技術について情報収集を行い、本事業への活用を検討した。

表 8.1. 調査対象展示会

展示会名		開催時期
サーキュラー・エコノミーEXPO		2025年9月17日～9月19日
高機能素材 week 東京	サステナブルマテリアル展	2025年11月12日～14日
高機能素材 week 名古屋	サステナブルマテリアル展	2026年2月18日～2月20日
	モビリティマテリアル展	

8.2 調査結果

(1) サーキュラー・エコノミーEXPO

① 概要

サーキュラーデザイン、サステナブルマテリアル、PaaS（製品のサービス化）支援、資源回収・リサイクル・再製品化技術などが出展し、循環型経済・サステナブル経営を実現したい企業の経営者、幹部、経営企画、設計・製造部門などが来場する商談展。

② 実証に関わる主な展示物

i) (株)大原鉄工所

再エネ、廃棄物処理施設・設備の販売・メンテナンスを行う会社。

MAX-AI と呼ばれる AI を搭載したロボット選別機を販売。最大6パターンの形状を記憶し、画像認識と AI を組み合わせることで、記憶された形状の物体をロボットアームでピックアップし、自動でシュートに選別する。主な対象は飲料容器だが、食品トレイ等も対応可能。本社にテスト機もあり、トライ対応も可能。

ii) オリックス環境 (株)

資源・廃棄物の再生事業含め、多角的に環境関連事業を行うオリックスグループの会社。

錠剤の包装に使用されるシート (PTP シート) はプラスチックとアルミが接合された複合素材であるが、製造工程で発生する PTP シート端材に熱をかけて叩くことで剥離する技術を用いて、プラ素材、アルミ素材のマテリアルリサイクルを検討中。分離後のプラスチックサンプルの提供も可能。

iii) 特別講演

(東京大学 梅田教授、(株) デンソー 奥田様、パナソニック HD (株) 松田様)

(株) デンソーの自動精緻解体及びパナソニック HD (株) の CE の取組みの紹介がなされ、梅田教授司会の下、昨今の CE の課題と未来像について対談がなされた。

主な議題は以下。

(株)デンソー、パナソニック HD(株)が先頭で走る中で、

- ・なぜ、動き出したのか？
- ・どうやって企業を説得したのか？

③ 適用可否判断

(株) 大原鉄工所の取扱う AI 選別機を用いることで、容リルート、大臣認定ルーで回収された廃プラスチック (サンプル 1、サンプル 2) から、自動車内装部品向けに使用可能性の高いプラスチックを形状記憶させ、ピックアップすることで、質の高い廃プラスチックを自動で分別できる可能性が示唆された。本設備については、記憶できるパターンが 6 種類と限定的ではあるが、継続して調査を行う。

またオリックス環境 (株) の展示していた、アルミ除去設備についてはいまだ実証段階であり、また薬包と比較してより柔らかい軟質プラスチックからアルミ箔を除去できるかは不透明であり、動向を注視するものの、適用は困難と判断した。

(2) 高機能素材 week 東京 (内、サステナブルマテリアル展)

① 概要

サステナブルマテリアル展 東京は、生分解性樹脂、植物由来材料、リサイクル技術、環境配慮型パッケージなど、脱炭素やサーキュラーエコノミー (循環型経済) を実現する最先端の「環境配慮型材料」に特化した専門展示会である。RX Japan が主催する「高機能素材 Week」の一環として開催され、材料開発、自動車、電子機器、包装関連などの技術者や経営層が多数来場する商談展。

② 実証に関わる主な展示物

i) (株) 三井化学分析センター

プラスチックのひずみ分光観察技術、ポリオレフィンの組成分析技術について展示されていた。プラスチックのひずみ分光観察においては、引張試験の際に、ひずみ分布を DIC (Digital Image Correlation) 解析⁹により可視化することで繊維密度の不均一性を明らかにすることができる。

ii) (株) キヤノン

ラマン分光分析装置を活用した選別設備 (ラマンプラスチックソーター) について展示されていた。

ラマン分光測定により、従来の赤外分光法では赤外線が吸収されてしまい樹脂種が特定できなかった黒色プラスチックについても選別が可能となる。

本事業において課題となっている黒色廃プラスチックの組成分別に有効であり、ペレット製造時における異樹脂混合の抑制を通じて、生産性の向上及びリサイクル材料の PP 純度向上に寄与する可能性があるため継続調査を実施。

iii) 伊藤忠マシンテクノス (株)

容器包装由来などの臭気の強い原料に特化した押出器 (OMNI リサイクルシステム) 及び、エックス線を用いた異物除去設備 (X-Ray Pellet Scan XP7) が展示されていた。

OMNI リサイクルシステムでは、押出器の混練部を多軸構造とすることで混練性及び表面積の向上を図っており、これにより高い脱臭・脱揮性能を可能としている。

また、X-Ray Pellet Scan XP7 は、エックス線を利用することで、光学式検査では検出が困難な異物を含有するペレットの選別・除去を可能としている。

iv) artience (株) (元東洋インキ (株))

ライオン (株) と共同で取り組んでいる、複層詰め替え用パックのリサイクルに関する取り組みが展示されていた。

artience (株) が有する剥離リサイクル技術を用い、ライオン (株) において製造されているバスタブクレンジング用複層パックの工程内端材を対象に剥離分別を実施している。これにより、PE フィルムとナイロン・PET 等のフィルムを分離回収し、詰め替え用パックとして再利用することが可能である。

③ 適用可否判断

(株) キヤノンが取り扱うラマン分光技術を用いたプラスチック選別技術は、本事業にお

⁹ DIC 解析・・・カメラで撮影した物体表面の画像から変位やひずみを非接触で高精度に計測する画像解析手法

いて課題となっている黒色廃プラスチックの組成分別に有効であり、ペレット製造時における異樹脂混合の抑制を通じて、生産性の向上及びリサイクル材料のPP純度向上に寄与する可能性がある。

また、artience（株）がライオン（株）と共同で取り扱う複層フィルムの剥離技術については、本活動において課題であった複層フィルムのリサイクルに対し、有効となる可能性があると考えられる。これらの技術については、今後も関連動向を継続的に調査する。

(3) 高機能素材 week 名古屋

(内、サステナブルマテリアル展、モビリティマテリアル展)

① 概要

東京で開催された(2)①の名古屋開催版であり、東海、中部地方の企業が主に参画。

② 実証に関わる主な展示物

i) 帝人（株）

複合成形材料製品のサプライヤーとして、モビリティ分野ではガラス繊維や炭素繊維を用いた強化樹脂を取り扱っている。

今回、樹脂強化に用いる繊維を短繊維化することで、リサイクル時の繊維切断による物性低下を防ぐことが可能となった。

ii) (株) 日立ハイテク

バイオ樹脂やリサイクル樹脂などの環境配慮型プラスチック材料や、リサイクル樹脂の選定サポート及び使いこなしを支援するソリューションの紹介があった。その中で、成形時の特徴量から製品の品質ばらつきを定量化する技術は、ロット間のばらつきの把握が可能となりうるため、今後も継続調査を実施。

iii) ドナウ商事（株）

欧州等のリサイクル設備等の国内代理店。ACERETECH（中国）の脱臭設備やMAS（オーストリア）レーザーフィルター等の設備を取り扱っている。リサイクル材の課題解決に繋がる設備・技術がないか継続調査を実施。

iv) 講演：再生プラスチック本格活用前夜の大放談会～SPC 認証プログラムのウラ話～（(株)デンソー 高平様、パナソニック ET ソリューションズ(株) 西尾様、SuMPO 壁谷様）

講演：再生プラスチック本格活用前夜の大放談会～SPC 認証プログラムのウラ話～（(株)デンソー 高平様、パナソニック ET ソリューションズ(株) 西尾様、SuMPO 壁谷様）

現在、日本国内において、第三者認証規格「SPC 認証プログラム」と連携した再プラ産

業利用・情報連鎖が進められており、その制度設計の裏話や将来を紹介。

主なトピックスは以下。

- ・SPC 認証は、動脈静脈マッチング、ギャップを埋める手段、信頼を可視化する「共通言語」
- ・中国の欧州進出で欧州リサイクラーが倒れている状況、日本も耐えうる力を蓄える必要あり

v) 講演：車両構造材料の新戦略 カーボンニュートラルと循環社会への道（トヨタ自動車（株） 大野様）

カーボンニュートラルと循環型社会を実現する材料開発は従来の高強度化・低コスト化等と異なる視点が必要である。また、車両構造としては、BEV 向けに3分割モジュール構造を検討するなど従来車両構造から大きく変化が進む。そのような状況下で、両立可能な新材料戦略について紹介。

主なトピックスは以下。

- ・車両で使用量の多い材料である鉄鋼・樹脂・アルミを中心に CN/CE の推進を図る
- ・鉄鋼では、GX スチールの採用、転炉へのスクラップ投入量増、電炉材採用を推進
- ・樹脂では、塗装工程レス、廃バンパーリサイクル、ASR 選別技術、ケミリサ技術開発を推進
- ・アルミは、リサイクル過程で混入するエレメントを高度選別技術により除去し再活用

vi) 講演：三菱ケミカルグループが提案する自動車関連ソリューション（三菱ケミカル（株） 吉澤様）

三菱ケミカルグループの、サステイナブルな自動車ソリューションを幅広く紹介。

主なトピックスは以下。

- ・KAITEKI Vision35 を掲げ、CN/CE を推進。
- ・製品再利用性向上を目的とし、相溶化剤や熱劣化抑制技術を開発
- ・ケミリサ、バイオ材、モノマテ化など幅広く推進

③ 適用可否判断

(株) 日立ハイテクの取り扱う品質ばらつきの定量化技術や、ドナウ商事が取り扱う設備類は、本活動によって活用したい容器包装廃プラスチックの課題である品質ばらつき、異物除去、におい・VOC 除去に有用である可能性があるため、今後もその動向を継続調査するとともに、必要に応じて効果確認を実施したいと考える。

9 まとめと今後の課題

9.1 全体目標の達成状況と整理

本実証では容器包装廃プラスチックを対象に自動車内装部品に適用可能なリサイクルPP材料への資源循環に向けた技術検証を進めてきた。

令和7年度は大きく現状の容器包装廃プラスチック由来のリサイクルPPの物性把握とその物性改質の処方目途付けを目標に取り組みを進めてきた。

結果として、通年で物性を測定することで、ばらつきを含む材料物性の把握を行うことができた。

また、材料処方についても、バージン材を70%配合することで、(一社)日本自動車工業会の発表したリサイクル材の要求性能に対して、達成の目途付けを行うことができた。

令和8年度以降は、把握したばらつきを抑え、その中でも特に異物に起因すると考えられる引張伸びの物性改善を目指す。また、令和7年度は材料物性に対する評価を中心に実施してきたが、令和8年度は製品評価項目についても把握を行っていく。

9.2 容器包装廃プラスチックの分別回収率向上施策の検討

製品適用可能な容器包装廃プラスチック由来のリサイクルPP開発には、市民排出段階での精緻分別が不可欠であり、令和7年度は、実際に回収された容器包装廃プラスチックの組成調査を行い、回収対象となるプラスチック製品の絞り込みと回収対象製品のイベント回収を行った。

実際の組成調査には、(株)富山環境整備と永興物産(株)、トヨタ紡織(株)も参加し、組成調査を基に、各プロセスにおける忌避製品も加味した、回収対象製品の絞り込みを行うことができた。

また実際に3週間のイベント回収を行い収集品目と収集方法に関する課題を明確にすることができた。

本実証は数量の確保を目的の一つに置いており、そのためには容器包装プラスチックの大半を占める軟質プラスチックの活用は不可欠である。そのため、令和8年度は令和7年度で最も大きな課題となった軟質プラスチックの回収拡大や自治体へのヒアリングを行い、自治体回収の可能性について検証を行っていく。

9.3 容器包装廃プラスチックの選別・異物除去検討

検証は選別工程、コンパウンド工程にて実施して、通年での物性把握と併せた異物混入状況の把握の結果、一連のプロセスの中で、異材種、異なる樹脂種の混入する箇所を把握することができた。

また現時点で選別工程、コンパウンド工程にて導入されている設備の条件設定の中で最適な選別条件を決定することができた。

令和8年度は選別工程に導入された、異物除去性能が向上した押出機での異物除去効果の検証を行い、それに伴いコンパウンド工程での異物除去性能の向上も図る。

9.4 におい除去技術の開発

容リルート PP (サンプル1)、大臣認定ルート PP (サンプル2)、分別回収ルート PP (サンプル3) に対してにおい質のばらつき把握と脱臭処理によるにおい低減量の把握、またばらつきの検証を含まない中でのにおい強度 3.2 以下の達成を目指し、検証を行った。

通年でにおい官能試験評価を行うことで、におい強度及びにおい質のばらつきを把握することができ、同時に実施したにおい嗅ぎ GC/MS により、においの原因となる化学物質についても特定することができた。

また脱臭処理前後のにおい官能評価を行い、におい低減量も明らかにした。

脱臭処理の結果におい強度は 2.5 となり、ばらつきを加味しない中ではあるが、最終目標であるにおい強度 3 以下を達成することができた。

令和8年度は選別工程にて導入された洗浄設備の効果検証を含め、におい質の改善検討を行うと共に、ばらつきを加味したにおい強度低減方策の検討を行っていく。

9.5 物性改善検討

サンプル1、サンプル2、サンプル3に対して物性のばらつき把握と各サンプルに対するバージン材の最適配合条件の検証を行い、(一社)日本自動車工業会の公表するリサイクル材の物性目標における汎用 PP①の目標 10 項目の内、8 項目で合格することを目指した。

通年で物性測定を行うことで、ばらつきの把握を行うことができた。

バージン材配合前では多くの項目で目標未達となったが、バージン材を 70% 配合することで殆どの目標値を達成することが確認された。

通年で同様のコンパウンド品について材料物性測定を行うことで、コンパウンド品でのばらつき把握も実施し、引張伸びと一部 MFR 以外の 8 項目で合格できる目途を立てることができた。

令和8年度は、未達の引張伸びのばらつき要因の特定と物性改善検討を行うと共に、(一社)日本自動車工業会の公表する目標以外の製品評価項目の達成に向けた添加剤処方検討を進める。

9.6 製品試作・評価

亀岡市で実際に分別回収したサンプル3を使用して、製品の試作が可能か、またその寸法評価を実施した。

問題なく製品を試作できたとともに、成形時の樹脂の充填変化及び製品寸法についてもバージン材と大きな乖離がないという結果となった。

しかし外観品質については、 $\phi 100\sim 500\ 4\ \mu\text{m}$ の黒色粒状物や白色粒状物を成形品内に観察された。今回の成形時の異常にはつながらなかったが、製品物性への影響が懸念されるため、異物除去に効果のある工程を絞り込み、令和8年度の品質向上につなげる。

9.7 LCAの検証・評価

LCA評価の内、リサイクル材製造に使用される生産設備及び物流に関わるCO₂排出量の把握を含むLCA計算の精緻化を目標に取り組んだ。

申請段階から評価製品、ベースラインの考え方を再整理し、リサイクル材製造に使用されている生産設備及び物流に関わるデータの一部フォアグラウンドデータに置き換えることで、LCA計算の精緻化を行うことができた。

しかし、その中にも一部推測値が入る結果となったため、令和8年度はLCA計算の更なる精緻化と、自動車部品製造工程において、エネルギー使用量に変化があるかを検証する。

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔AまたはBランク〕のみを用いて作製しています。