

令和6年度環境省委託業務

令和6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

リサイクル困難素材等の高品質リサイクル実証事業
成果報告書

令和7年3月

国立大学法人 九州大学

日本語サマリー

福岡筑後地域では、技術的進展を基に、自治体収集のプラスチック廃棄物（容リプラ、製品プラ）を高品質な再生材に変換し、生活用品への利用を目指している。この実証事業は、リサイクル材の物理的特性を向上させ、循環社会の形成を目指している。

回収においては、収集から再商品化の過程で材質別、形状別の効率的な仕分けが重要であり、EU のソーティングセンターの例を参考にしつつ、大木町の現状に合った方法で運用することが求められている。

施設見学では、北九州ビートルエンジニアリング SRC の選別技術が確認でき、大木町環境プラザでは、手作業による分解作業、株式会社 YK クリーンでは、自治体ごとの回収物の品質の違いやケミカルリサイクルの現状を把握することができた。各施設の取り組みは、それぞれの地域特性を反映した効率的なリサイクル方法を採用しており、今後のプラスチック廃棄物の処理における課題と可能性について、貴重な視点を獲得することができた。

組成調査では、福岡県内の大木町と柳川市で実施し、回収方式ごとの製品プラスチックの排出特性を比較した。調査の結果、拠点回収では大型プラスチックが多く、一括回収よりも 1 個あたり重量が重いことが判明している。

コンパウンド・物性評価において、廃プラスチックの品質ばらつきや PE/PP 混在、物性不足といった課題に対して、改質剤を使用して流動性や強度の改善を図ることが求められる。再生材は、耐久性が求められる製品への適用が難しいが、改質によって防災用マルチボックスや食品接触の可能性の低い製品など、一定の用途に展開可能であると予想される。

容リと製品プラの安定的な調達先を選定し、物性評価を行った。成形実験では、再ペレタイズ後も粘度や分子量に変化が見られず、容リ PP と製品 PP 間で大きな粘度差が確認された。射出成形試験では、容リプラ 100%や混合比 1:1 で小型製品の成形が可能であったが、採算性が問題となった。低粘度化改質処理により、容リプラの流動性が大幅に改善し、実用的な物性を達成した。

成形加工では、改質後の容リを使用し、成形性と物性評価を実施。MFR が改質前 5.8g/10min から 22g/10min に向上し、成形可能となった。成形品は柔軟性があり、落下衝撃強度はバージン PP より優れたが、曲げ弾性率は低く圧縮耐荷重は 85%となった。

デザインの検討として、リサイクルプラスチックを活用した商品の可能性について、住民意識・共生の運営体制・生産製造のアプローチから総合的に調査した。例として、廃棄プラスチックを回収したプロダクトや建築資材、アクセサリ、衣料品など様々なプロダクトが検証された。さらに教育ワークショップなどを経て、リサイクルの意識向上に貢献する地域循環型ビジネスモデルや、企業との連携で新たな価値を創出する可能性があり、循環型社会の発展に寄与することが期待される。実証プロジェクトで製造する対象を選定し、デザインによって販売可能性を拡大し付加価値をつけていく方向性を明らかにするために、消費者調査を行った。消費者性向の違いで、期待する商品特性が違うことなどが明らかになるとともに、リサイクル品の品質への不安やこだわりに応えつつ、デザインによる付加機能の追加で、需要を拡大しリサイクルによるコスト上昇を相殺できる可能性が示された。それをふまえて来年度の以降の生産のために具体的なデザイン設計を完了させた。

回収システム評価では、株式会社 YK クリーンに搬入する自治体と周辺自治体における回収システムの分析を行うとともに、福岡県の 60 自治体をプラスチックごみ回収に関する調査を行い、プラスチックごみの回収量をあげていくために課題となることを明らかにした。株式会社 YK クリーン自体への搬入量は増えており、当該実証事業には十分な量であるが、今後の拡大および 100%有効活用にはもっと回収量をあげていく必要がある。プラスチックごみの回収の回数と場所の設定が大変重要であることが明らかになった。月に 1 回や、拠点回収などの自治体

における回収量は非常に低い。逆に月4回や戸別回収のところは高い。プラスチックごみは可燃ごみの約半分を占めるので、可燃ごみの収集回数を減らしてプラスチックごみの収集回数を増やしていくことが必要である。住民意識の改善には、地域効果を明確に示すことが大切であり、リサイクル品の利用は意識と行動の改善に役立つことも判明した。再生プラスチック品の地域循環は大きな改善効果を持ちうる。

プラスチックリサイクルシステムの設計において、大木町を中心とした筑後地域において、3段階の拡大エリアを想定し現実的な処理システムを提案した。特に人口の少ない地域ではマテリアル化を意識した選別が重要となり、また選別だけでなく洗浄やペレタイズ技術についても欧州に倣い高度化することが課題と考えられる。樹脂別の専門性を持ったリサイクル工程への集約や、ベール化を省いた合理的な中間処理のあり方を見直すことが必要である。

容リプラと製品プラのマテリアルリサイクルプロセスのライフサイクル評価（LCA）を行い、高品質なリサイクルを実現するための適切なプラスチックの割合調整を検討した。解析には、リサイクル事業所から得られた実測データと業界報告書を基にしたシステムを使用し、廃プラスチック1kgあたりの環境負荷削減効果を比較した。機能代替率の向上により、廃棄・リサイクルの環境負荷が減少し、残渣処理のエネルギー回収への変更が製造の環境負荷を減少させ、全体の環境負荷削減に寄与していることが明らかとなった。

企業の脱炭素効果を評価するため、岐阜プラスチック工業株式会社などで排出量算定方法を調査した。SCOPE1とSCOPE3（特にカテゴリー1・原材料）が排出量の多くを占め、成型工程のエネルギー消費が重要な要素である。脱炭素製品デザインには、サプライヤーによる排出削減と、エネルギー消費量の定量化が求められ、特に射出成形工程での電力消費の把握が課題となる。

本年度の目標は、得られた物性条件に基づき製品化可能な製品リストを作成し、消費者の選好を反映したデザインを行うこと、および量産化へ速やかに移行できるよう、生産計画・販売計画を策定することだった。物性改善に関しては大きな成果を上げ、製品リストと消費者調査結果を反映したデザインが完成し、量産化の準備が整った。しかし、量産化に向けては、生産体制の確立と市場投入に向けた販売戦略の策定が今後の課題となる。

英語サマリー

In the Chikugo region of Fukuoka, efforts are underway to convert municipally collected plastic waste (container packaging plastics and product plastics) into high-quality recycled materials for use in household products, leveraging technological advancements. This demonstration project aims to improve the physical properties of recycled materials and contribute to the formation of a circular society.

In the collection process, efficient sorting by material and shape during the collection-to-recommercialization process is crucial. While referencing examples from EU sorting centers, it is necessary to implement a method suited to the current situation in Ōki Town.

During facility visits, the sorting technology at Kitakyushu Beetle Engineering SRC was observed, while at Ōki Town Environmental Plaza, manual disassembly work was examined. At YK Clean, differences in the quality of collected materials by municipality and the current state of chemical recycling were identified. The initiatives at each facility reflected regional characteristics and adopted efficient recycling methods, providing valuable insights into challenges and possibilities in plastic waste processing.

A composition survey was conducted in Ōki Town and Yanagawa City, Fukuoka Prefecture, comparing the discharge characteristics of product plastics based on collection methods. The survey revealed that drop-off collection sites contained more large plastics, with a higher per-unit weight than bulk collection.

In the compounding and physical property evaluation, challenges such as plastic quality variation, PE/PP mixture issues, and insufficient physical properties were addressed through the use of modifiers to improve flowability and strength. Although recycled materials face difficulties in applications requiring high durability, modifications are expected to expand their use in certain products, such as disaster-prevention multi-boxes and products with minimal food contact requirements.

A stable supply of container packaging plastics and product plastics was selected for property evaluation. Molding experiments showed no changes in viscosity or molecular weight after re-pelletizing, but a significant viscosity difference was observed between packaging PP and product PP. Injection molding tests demonstrated that small products could be molded using 100% packaging plastics or a 1:1 mixed ratio, though cost-effectiveness was a concern. Through low-viscosity modification processing, the flowability of packaging plastics improved significantly, achieving practical physical properties.

In molding processing, modified packaging plastics were used for moldability and physical property evaluation. The melt flow rate (MFR) improved from 5.8 g/10 min before modification to 22 g/10 min, making molding possible. The molded products exhibited flexibility, with higher drop impact strength than virgin PP, but lower flexural modulus and 85% of the compressive load-bearing capacity.

Regarding design considerations, the potential for recycled plastic products was comprehensively examined from perspectives of community awareness, collaborative operational structures, and production approaches. Various approaches were evaluated, including the recovery of waste plastic for use in products, building materials, accessories, and apparel. Additionally, educational workshops were held to promote recycling awareness, contributing to the development of a community-based circular business model. Collaborations

with companies are expected to create new value and further advance the circular economy. A consumer survey was conducted to select the product to be manufactured in this project and clarify the direction for expanding sales potential and adding value through design. It became clear that differences in consumer tendencies lead to different expected product characteristics, and it was shown that adding additional functions through design could increase demand and offset the increased costs of recycling, while also addressing concerns and concerns about the quality of recycled products. To determine the target products for manufacturing in the demonstration project and clarify the strategy for enhancing marketability and adding value through design, a consumer survey was conducted. The survey revealed differences in consumer preferences and expectations for product characteristics. Additionally, concerns about the quality of recycled products and consumer preferences were identified. By incorporating additional functional value through design, the potential to expand demand and offset the cost increase associated with recycling was demonstrated. Based on these findings, detailed design development was completed in preparation for production in the following fiscal year.

An analysis of the waste collection systems in municipalities supplying waste to YK Clean, as well as neighboring municipalities, was conducted. Additionally, a survey of 60 municipalities in Fukuoka Prefecture was carried out to identify challenges in increasing plastic waste collection volumes. While the volume of waste delivered to YK Clean has increased and is currently sufficient for the demonstration project, further expansion and achieving 100% effective utilization will require an increase in collection rates. Findings indicate that the frequency and location of plastic waste collection play a critical role in determining collection efficiency. Municipalities that collect plastic waste only once per month or rely on centralized collection points tend to have very low collection volumes. In contrast, those that conduct door-to-door collections or collect four times per month achieve significantly higher collection rates. Since plastic waste accounts for approximately half of combustible waste, it is necessary to reduce the collection frequency of combustible waste while increasing that of plastic waste. To improve public participation, it is essential to clearly demonstrate the benefits of regional recycling efforts. The study also confirmed that increasing the use of recycled products helps raise public awareness and promotes positive behavioral changes. Establishing a regional circulation system for recycled plastic products has the potential to generate significant improvements in the overall efficiency and effectiveness of plastic waste recycling.

In the design of the plastic recycling system, a realistic processing system was proposed for the Chikugo region, centered around Ōki Town, with an expansion plan divided into three stages. In sparsely populated areas, sorting with a focus on material recovery is particularly important. Furthermore, not only sorting but also advancing washing and pelletizing technologies in line with European models is considered a key challenge. It is necessary to consolidate recycling processes specializing in different resin types and to reassess intermediate processing methods by eliminating inefficient baling procedures.

A life cycle assessment (LCA) of the material recycling process for packaging plastics and product plastics was conducted to determine the optimal plastic ratio for high-quality recycling. The analysis used actual measurement data from recycling facilities and industry reports, comparing the environmental impact reduction per kilogram of waste plastic. The study found that improving functional substitution rates led to reduced waste disposal and recycling-related environmental burdens. Additionally, shifting residue treatment toward energy recovery helped lower the overall environmental impact of production.

To evaluate corporate decarbonization efforts, emission calculation methods were investigated at companies such as Gifu Plastic Industry. Scope 1 and Scope 3 emissions (particularly Category 1—raw materials) accounted for the majority of emissions, with energy consumption during molding being a key factor. Decarbonized product design requires suppliers to reduce emissions and quantify energy consumption, with a particular focus on electricity use in the injection molding process.

This year's goal was to create a list of feasible products based on the obtained physical property conditions, incorporate consumer preferences into product design, and develop production and sales plans for rapid mass production. Significant improvements in material properties were achieved, and a finalized product list reflecting consumer research results was completed, setting the stage for mass production. However, challenges remain in establishing a production framework and devising a market entry strategy.

目次

1.	事業の背景と目的	12
2.	事業の実施体制	15
3.	製品デザイン検討	16
3.1.	製品デザイン検討	16
	(1) 製品デザインにおけるマテリアル利用のためのユーザー理解のデザインエレメントとしてのワークショップ	16
	(2) 製品デザイン案の展開 —ワークショップから得た要件や要件の可能性をユーザー視点で展開していくプロセス	17
	(3) 製品デザイン案の収束 — (2) で展開したものを実現可能性などのアプローチから収束させていくプロセス	23
3.2.	製品デザインおよび販売戦略のための消費者調査	27
	(1) 概括	27
	(2) 再生プラスチック消費および環境消費行動の研究整理と分析枠組み	28
	(3) 仮説と質問項目の設定	32
	(4) 再生プラスチック商品に対する消費者選好	33
	(5) マルチ防災ボックスに対するコンジョイント分析調査	44
4.	容リ・製品プラ統合物の改質・コンパウンドによる高品質材料リサイクル ..	47
4.1.	容リ・製品プラのコンパウンド・物性評価	47
	(1) リサイクル困難樹脂の保有する課題・解決策・用途展開の整理保有する課題 ..	47
	(2) 回収された原料評価	48
	(3) 目標製品への材料検討	53
	(4) 小型製品金型を用いた試験製品成形の実施	55
	(5) 容リプラスチックの高流動性改質	56
	(6) 事業化へ向けての課題と今後の取り組み	57
	(7) 改質された高度化容リプラの物性安定化の方策について	58
4.2.	造粒・物性評価（多回リサイクル検証）	59

(1) 複数回試験の取り組み	59
4.3. 成形加工	61
(1) 改質後容リ材の製品成形評価	61
5. 回収システム評価、選別工程の合理化検討	64
5.1. 廃プラ（容リ・製品プラ）の回収・輸送	64
(1) 廃プラの収集と仕分けの在り方	64
(2) 容リプラ・製品プラのリサイクル・大木町での課題	64
(3) 回収処理現場の視察	65
5.2. 容リ・製品プラ組成調査	69
(1) 調査概要	69
(2) 製品プラスチックの排出実態	72
(3) 一括回収と拠点回収の違い	77
5.3. 選別システム評価	80
(1) 選別の合理化について	80
(2) プラスチックリサイクルシステムの基本的事項	80
(3) 今回のプロジェクトに関する提案	85
(4) 選別回収の在り方検討	94
5.4. 福岡県全体の自治体における回収システムの評価	96
(1) 概要	96
(2) 株式会社 YK クリーンを利用している自治体のプラスチック回収量（搬入量）	96
(3) 周辺自治体の回収量および株式会社 YK クリーン搬入自治体・周辺自治体の分別システムの比較分析	97
(4) 住民行動分析	99
(5) 福岡県自治体アンケート調査	100
(6) アンケート踏まえた現地調査	106
(7) まとめ	108
6. LCA の検証・評価	110
6.1. LCA 分析	110
(1) 解析方法	110

(2)	バックグラウンドデータ	114
(3)	フォアグラウンドデータ	115
(4)	リサイクルシステム	116
(5)	オリジナルシステム	117
(6)	評価結果	117
(7)	まとめと課題	119
6.2.	企業の脱炭素効果、及び製品デザインの脱炭素効果	120
(1)	企業の脱炭素、排出量算定の現状	120
(2)	製造プロセスの脱炭素及び改善可能性	121
(3)	脱炭素製品デザインとしての課題抽出	121
7.	総括と今後の取組み	123
8.	共同実施者との打ち合わせ	126
9.	参照文献	128

略語

表 1-1 略語一覧

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene (アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂)
BRC	ビートルエンジニアリング BRC(Beetle Robotics Center) 工場
CAE	Computer-Aided Engineering (コンピュータ支援工学)
Cat	Category (SCOPE3 の詳細分類区分)
CO2	Carbon Dioxide (二酸化炭素)
DSC	Differential Scanning Calorimetry (示差走査熱量測定)
ER	造粒加工時発生残渣処理
EU	European Union (欧州連合)
GDP	Gross Domestic Product (国内総生産)
LCA	Life Cycle Assessment (ライフサイクルアセスメント)
MFR	Melt Flow Rate (メルトフローレート)
MR	Material Recycling (マテリアルリサイクル)
MSW	Municipal Solid Waste (一般廃棄物)
NIR	Near Infrared Spectroscopy (近赤外分光法) による選別機
org	元原料
PA	Polyamide (ポリアミド)
PB	プライベートブランド商品
PC	Polycarbonate (ポリカーボネート)
PCR	ポストコンシューマーリサイクル：消費者からリサイクルされたプラスチック
PE	ポリエチレン
PET	Polyethylene Terephthalate (ポリエチレンテレフタレート)
PP	ポリプロピレン
PPA	Power Purchase Agreement (電力購入契約)
PS	ポリスチレン
PVC	Polyvinyl Chloride (ポリ塩化ビニル)
RPF	Refuse Paper & Plastic Fuel (廃棄紙・廃プラ固形燃料)
SC	ソーティングセンター
SCOPE	GHG (温室効果ガス) プロトコルにおける排出量の分類：SCOPE1 (直接排出)、SCOPE2 (間接排出)、SCOPE3 (その他の間接排出)
SDGs	Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)
SNS	Social Networking Service (ソーシャルネットワーキングサービス)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (統計解析ソフト)
SRC	ビートルエンジニアリング SRC (Sorting Recycle Center) 工場
TEM	Transmission Electron Microscopy (透過型電子顕微鏡)
UV	Ultraviolet (紫外線)
WS	Workshop (ワークショップ)
再事	再商品化事業者 (再生処理事業者および運搬事業者)
製品プラ	プラスチック製容器包装廃棄物以外のプラスチック使用製品廃棄物

特事	特定事業者：「容器包装リサイクル法」において、「容器」「包装」（商品の容器及び包装自体が有償である場合を含む）を利用して商品を販売する事業者や、容器を製造・輸入する事業者
廃プラ	プラスチック製容器包装およびそれ以外のプラスチック使用製品廃棄物
プラ使用製品	プラスチックが使用されている製品（プラスチック製容器包装を含む）
プラ新法	プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律
容リ協会	（公財）日本容器包装リサイクル協会
容リプラ	容器包装プラスチック/プラスチック製容器包装
容リ法	容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律

本文

1. 事業の背景と目的

【背景】

容器包装プラスチック（容リプラ）のリサイクルは、容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（容リ法）に基づき、20年以上前から取り組まれている。しかし、再商品化の収率は約50%、かつ、低品質材に留まっており、残りは他工程利用材（残渣）として、主に熱エネルギーに利用されている。2022年にプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（プラ新法）が施行され、容リプラに加え一般廃棄物中の製品プラスチック（製品プラ）を回収・リサイクルする仕組みがスタートしたが、バージン素材を代替する循環資源素材としての役割を果たせる状況にはない。実施者らは、九州大学を中心として、大木町を核とする筑後地区で先行して行われてきた一括回収資源化システムを前提に、一般系廃棄物の材料リサイクルに取り組んできた。2019年より、福岡筑後プラスチックリサイクルループ協議会の活動を実施し、大学・企業・団体のネットワーキングを強化するとともに、選別の在り方、高品質ペレタイズの可能性についての実証実験を経て、2022年には、家庭から出た製品プラスチック（PP）100%から生ゴミ回収用の強度を有するバケツの製造に成功した。

同協議会において技術的なアドバイスを行う八尾滋福岡大学特任教授は、NEDOの支援を受け、使用済みプラスチックの物性をバージン同等に再生できる技術の実用化に取り組み、大きな成果を上げてきた。いその株式会社、プラスチック容器包装リサイクル推進協議会、大日本印刷株式会社、北九州市立大は、筑後地区のプラスチック地域循環事業とともに、NEDOの取り組みにも参加してきたメンバーであり、事前の検証に相当する研究開発に取り組んできた。九州大学では、大木町におけるプラスチック分別回収への住民協力に関する調査を行なっており、生ゴミや紙おむつのリサイクルへの協力度に比較し、プラスチックの分別協力が進んでいない原因を模索してきた。その中で、プラスチックの分別回収に関しては、生活に根付いた製品として地域に還元されていない「見える化」の不足が一因であることを突き止めている。このため、本実証を進める、地域で回収された再生材をもとにした生活用品等の製品設計は、住民協力を高める上でも重要な役割を果たす。

【目的】

本実証事業では、プラスチック素材の特性に沿って容リプラ及び製品プラの回収品とそのリサイクル材を利用した製品づくりを組み合わせる。その上で、従来のRPFなどの燃料用途に利用されるような低品質リサイクル材と異なり、生活用品として利用できる高品質なリサイクル材を開発し、バージン素材を代替するリサイクル材が循環する総合的な材料リサイクルの実現を目指す。容リプラと製品プラ由来のリサイクル材を物性・機能の観点（成形性、物理特性、耐久性等）から効果的に組み合わせることで、リサイクル材の物理的性質等を向上した高品質なリサイクル材を実現し、付加価値の高い製品に循環する手法を確立する。特に、今回の取り組みでは、福岡大学八尾特任教授のプラスチックの高性能なマテリアルリサイクル技術（廃棄プラスチックの物性低下の原因が化学的劣化ではなく結晶構造の変異による物理的劣化であることを明らかにし、樹脂だまりを用いた成形プロセスの最適化によりバージン材並みの物性に回復させる技術）を加えることで、その効果を高める。

また、市民に実感してもらえる循環社会を構築するために、身近な製品成形へ向けた検討を行う。回収されたリサイクル原料に応じ、水平〜カスケードリサイクル、特性と製品との適合性に応じてアップサイクルへの展開も視野に活動する。例えば、マーカーペン、小中学校の学

用品、書類ケース、物流機材など一般製品・販促製品を含むプラスチック製品の製品化を目指している。学用品などは、クローズドループの形成が可能であり、本実証で取り組む当該製品の循環を、技術的側面はもとより、社会実装の実現可能性を担保する。



図 1-1 事業の達成する将来像のイメージ

事業化を見据えた際、安定的な原料供給が必要である。そのため、前述の福岡筑後プラスチックリサイクルグループ協議会の活動に参画した5市町（大木町・柳川市・みやま市・筑後市・大川市）だけでなく、さらなる回収量の確保が必要になると推計している。その回収確保における市町村の展開可能性として、この5市町の（人口：約17万）周辺の主要自治体（大牟田市・久留米市・八女市・朝倉市・小郡市）（人口：約60万）に参加を求めることで、回収の増加を見込んでいる。さらに、広域自治体での回収量の増加に対応し、効率的なリサイクルを推進するためには、回収・選別・洗浄などの工程全体の合理化が求められ、特に対象品目の拡充や収集手法・選別技術の改善を含めた高度化に取り組む必要があると思料する。

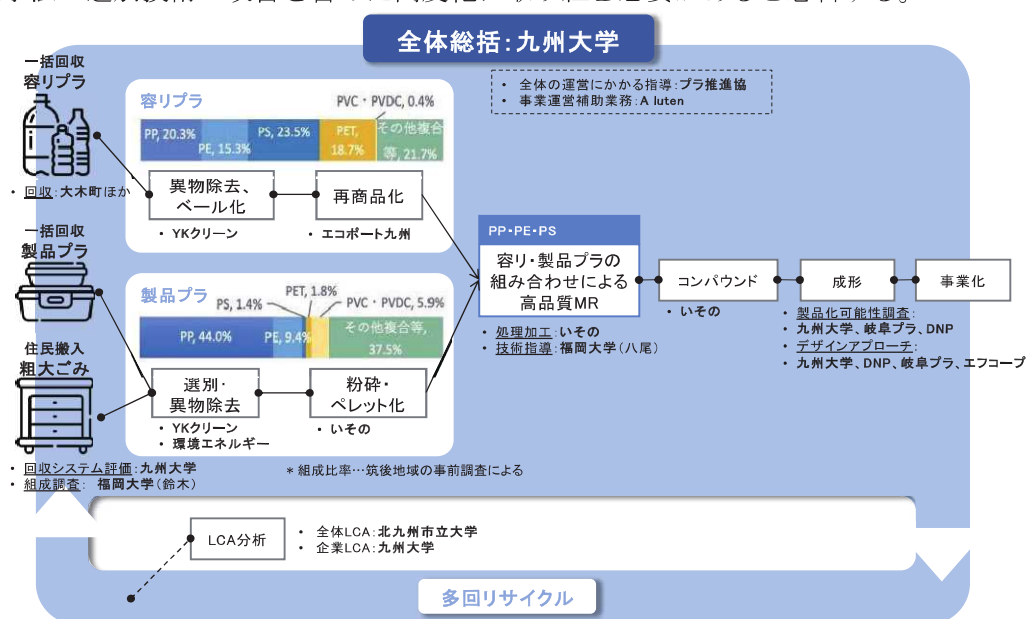


図 1-2 本事業の概要イメージ

【取り組み課題の全体像】

本実証は、単なる技術開発にとどまらず、a) 回収・分別、b) 再生材の品質向上、c) 消費者調査に基づくデザイン、d) 脱炭素評価の検証、e) 量産・市場化という一連のプロセスが相互に補完し合う取り組みとなっている。テーマが多岐にわたるため、各テーマ間の相関関係やプロセスの流れをここで概観する。

表 1-2 取り組み課題の全体像

課題	主な取り組み	関連する章
a) 回収・分別	福岡筑後地域を軸に、福岡県下の廃プラの回収システム評価により地域間の回収状況を把握すると同時に (5.1)、組成調査により回収物の排出特性を分析し (3.2)、より効率的な回収手法の導入を検討した。また、リサイクルシステム設計において、収集・選別・処理の各段階における最適なシステム構築を検討し、地方都市における高度リサイクルのあり方を提示した (3.1、5.2)。品質の向上ならびに合理的な処理プロセスの検討のために最終製品を見据えたリサイクルシステムを設計した。	(3.1) (3.2) (5.1) (5.2)
b) 再生材の品質向上	回収した樹脂の物性試験を通じて再生材の流動性や耐久性など製品に求められる物理特性を把握した上で再生材の課題を整理した (3.4)。また、継続的な処理工程の改善や改質の検証により、特に成形性に必須となる流動性の向上に成功した (3.3)。	(3.3) (3.4)
c) 消費者調査に基づくデザイン	上記の結果を踏まえ、改質後の再生材の加工適性を検証するとともに、消費者調査を通じて再生材の受容性や嗜好を明確化し、成形性ならびに消費者受容を兼ね備えた製品群を特定した (4.2、4.3)。マルチボックスを1つの事例として市販製品に適用可能な品質基準を確立した (4.3)。	(4.2) (4.3)
d) 脱炭素評価の検証	LCA 評価により、最適な配合やプロセスの提案のための製品プラならびに容リプラの高度リサイクルによる環境負荷の低減効果を示した (6.1)。企業の脱炭素評価を通じて (6.2)、環境負荷の大きい処理工程の把握を行った。	(6.1) (6.2)
e) 量産・市場化	消費者調査ならびにデザインの検討を通じて (4.1、4.2)、市場ニーズに基づく製品開発と地域社会・企業の連携による廃プラスチックの循環型のビジネス形成を検討した。回収システム評価 (5.1) とリサイクルシステムの設計 (5.2) により、最適な回収・処理ネットワークの提案と、量産化・販売計画につながる道筋を示した。	(4.1) (4.2) (5.1) (5.2)

2. 事業の実施体制

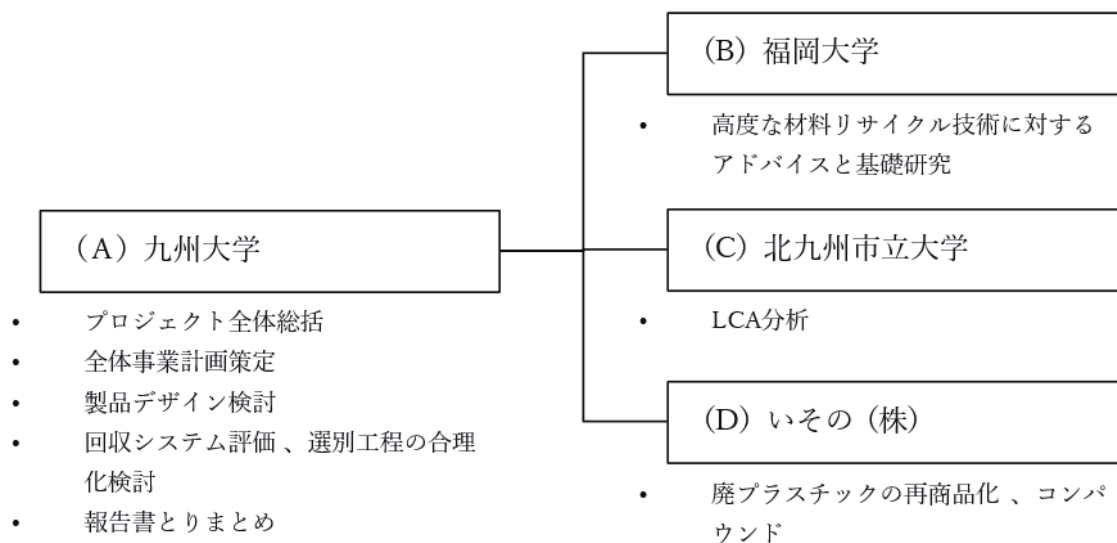


図 2-1 体制と分担

表 2-1 参加団体一覧

	研究代表者			共同実施者				連携法人						連携予定		
	九大・近藤	九大・尾方	九大・早瀬	福大・八尾	福大・鈴木	北九大	いその	岐阜プラ	DMP	環境エネルギー	メックリーン	プラ推進協	A luten	エコープ	EELA	木野環境
品再 化商	○			●	◎	○	◎	◎	○			◎	○			
ンデザイ ン販売	◎	●	◎			○		◎	◎				○	◎		
選回収 別・	●				◎	○				◎	◎	◎	○		◎	◎
LCA	○		◎			●							○			
全体	●	◎		◎		◎	◎					◎	◎			

●: グループリーダー ◎: 担当 ○: 情報共有

3. 製品デザイン検討

3.1. 製品デザイン検討

今年度実施した調査・ワークショップにもとづき、製造・販売・消費（使用）に関わる多様な方向性から導かれた要件に従い、デザイン案の作成を行った。その要件の可能性を探るためにまずは幅広くアイデアを広げ、次に具体的な製品設計を見据え生産・販売可能なデザイン案として収束させた。デザイン評価や検証は、九州大学、大日本印刷株式会社、及び岐阜プラスチック工業株式会社とともに進めた。

(1) 製品デザインにおけるマテリアル利用のためのユーザー理解のデザインエレメントとしてのワークショップ

リサイクルプラスチックを活用したワークショップの取り組みは、教育・意識改革・事業発展の面で大きな意義を持つ。本年度の3回を含む複数のワークショップでは、小学生から大学生、一般市民まで幅広い層を対象に、再生プラスチックやバイオプラスチックを活用した体験型学習を実施した。特に「リサイクル・バイオプラスチックについて学ぼう」というワークショップでは、参加者がリサイクル素材を活用した工作を行い、廃プラスチックの可能性を実感する機会を提供した。

このようなワークショップは、単なる学習の場にとどまらず、リサイクルプラスチックの社会的受容性向上や、消費者の購買行動の変革にも寄与する。例えば、ペットボトルキャップを利用したハンコ作りを体験した参加者は、リサイクル素材が実用品へと生まれ変わる過程を理解し、廃プラスチックに対する価値観を変える契機となった。また、リサイクルプラスチックの質や使いやすさを体験することで、従来の「質が低い」という先入観を払拭し、社会的な受容性の向上にも貢献する。

さらに、ワークショップは市場調査の役割も果たし、消費者の声を直接事業に反映できる機会を提供する。実際に、参加者の意見をもとに真空成型による小皿やハンコの制作が試みられ、新たな製品開発のヒントが得られた。また、プラスチック製品の分類ワークを通じて、消費者が不要なプラスチックの削減や、代替素材の選択について考える契機を提供し、サステナブルな購買行動を促す効果もあった。こうした活動を通じて、企業はリサイクル市場の拡大につなげることができる。加えて、ワークショップは地域との連携を深め、リサイクル事業の地域定着にも貢献する。大学や自治体、企業と協力して開催することで、持続可能なリサイクルビジネスの基盤を形成し、地域ごとに最適なりサイクルシステムを構築する可能性が広がる。さらに、参加者が「自分の使うプラスチックの行方」を意識することで、循環型社会への主体的な参加を促し、消費者が単なる製品購入者ではなく、リサイクルプロセスの一員として関与する仕組みを作ることができる。

また、ワークショップを通じて発展したアイデアとして、観光や教育、日常生活に関連するプロダクト開発の可能性が広がった。例えば、観光地やイベントでのスタンプ収集体験を強化するデザインが考案され、リサイクルプラスチック製のスタンプを活用することで、持続可能な観光促進と環境配慮を両立させるアイデアが生まれた。また、小学校の整理整頓を助けるハンガーのデザイン、石鹸を最後まで無駄なく使い切る製品設計、シンプルで落ち着いたデザインの防犯ブザーの開発など、リサイクルプラスチックを活用した多様な生活用品の可能性も検討された。

さらに、学習サポート機能を持つ文房具や収納器具、リサイクル素材を活用した将棋や囲碁セットの開発など、教育分野や文化継承にも寄与する製品の展開が期待される。これらのアイデアは、リサイクルプラスチックの用途を拡張するだけでなく、実用性と環境配慮を両立させた新たな市場の創出にもつながる。

一連のワークショップを通じ、消費者との共創がリサイクルプラスチック事業の発展に不可欠であることが明確になった。今後は、より多くの層を巻き込み、企業や自治体と連携したシステムを

強化することで、リサイクルプラスチック市場のさらなる発展を目指す必要がある。参加型の取り組みを継続し、消費者の行動変容を促すことで、リサイクルプラスチックの社会的受容性を高め、持続可能な循環型社会の実現を加速させることが求められる。

(2) 製品デザイン案の展開 ―ワークショップから得た要件や要件の可能性をユーザー視点で展開していくプロセス

ワークショップから得た要件や要件の可能性をユーザー視点でできるだけ多くの方向性で展開することを目的として、デザイン案を展開し、合わせてそれぞれの評価も行った。

令和6年度に実施したワークショップ以降、7/28及び9/12のこども向けワークショップ及び9/3, 9/13 及び11/29 大学生のワークショップを行った。

ワークショップのプロセスから、ターゲット製品の特長が可能かどうかを検討するにあたり、まず参加者の意見や市場性、技術的な実現可能性を考慮しながら、選好性の蓋然性が高いものを抽出することが重要である。今回のワークショップでは、教育・生活用品・防災分野において特に関心が高く、かつリサイクルプラスチックの活用に適した製品アイデアストーリーが複数提示された。

教育・文房具分野においては、リサイクルプラスチックを活用したスタンプや小学校の机ハンガーのアイデアが有望であると考えられる。スタンプは、単なる文房具としての機能を超え、図柄で表現できるため環境教育の一環として子どもたちがリサイクルの仕組みを理解するきっかけとなる可能性がある。一方、小学校の机ハンガーは、教室内の整理整頓を促す実用性があり、学校向け製品としての展開が期待できる。

生活用品としての石鹸スライサー兼ディッシュやホテル用ゴミ箱の提案も、一定の市場性を持つと考えられる。石鹸スライサー兼ディッシュは、ゼロウェイスト（ごみを0にすることを目標にする政策）志向の消費者にとって魅力的な製品となる可能性があり、家庭用だけでなくホテルなどの宿泊施設での導入も視野に入る。ホテル用ゴミ箱については、分別のしやすさや衛生管理の効率化といった実用面のメリットに加え、サステナブルな取り組みを進めるホテル業界にとって導入しやすい点も強みとなる。

さらに、防災や多用途に対応できる製品として、マルチボックスシリーズを検討した。マルチボックスには、キャスター付き、背負えるタイプ、ペット運搬用、シャワー機能付きなど多様なバリエーションがあり、それぞれ異なるニーズに対応できる。特に、防災市場では避難時の物資運搬やペット同行避難のニーズが高まっていることから、これらの製品は実用的かつ市場性のあるものとして位置づけることができる。また、家庭やオフィス、アウトドア市場においても、汎用性の高さが評価される要素となる。

これらのプロセス及び抽出した仮説と調査資料を踏まえ、デザインユニット内でのミーティング・議論を実施した。技術的な観点からは、これらの製品の成形しやすさと耐久性が重要な評価ポイントとなる。スタンプ、小学校の机ハンガー、ホテル用ゴミ箱、マルチボックスは、リサイクルプラスチックの特性を活かしつつ、一般的な成形技術で製造可能である。一方、石鹸スライサーやシャワー機能付きマルチボックスについては、付加機能（キャスター、リュックなど）の設計や製造工程の調整が求められ、技術的な工夫が必要となる。

これらの製品が市場に受け入れられるためには、コストと付加価値のバランスを慎重に考慮する必要がある。例えば、スタンプや机ハンガーは、価格競争が激しい市場において環境教育や整理整頓支援といった付加価値を打ち出すことが鍵となる。一方、マルチボックスシリーズは、機能性や防災・アウトドア市場の拡大とともに、競争力のある製品として展開できる可能性がある。これらのターゲット製品を市場に導入する際には、消費者や企業に対する情報の開示方法も重要な要素となる。特に、リサイクルプラスチックの耐久性やリサイクル適性について明確に伝えることで、購入意欲の向上につながると考えられる。そのため、製品には「リサイクルプラスチック100%使用」「自治体の回収システムに対応」「使用後の回収スキームあり」といった情報を明記することが有

効である。また、ライフサイクルアセスメント（LCA）の結果を活用し、CO2削減効果やリサイクル率の向上に寄与する点を可視化することで、環境への貢献を具体的に示すことができる。

さらに、BtoB市場に向けては、業界ごとの導入メリットを明確にすることが重要である。教育機関向けには、環境教育と整理整頓支援の両面でのメリットを示し、ホテル業界向けにはSDGs対応や廃棄物管理の簡素化によるコスト削減といった利点を強調することで、導入の促進が期待できる。自治体に対しては、リサイクル回収率の向上や防災備蓄品としての有用性を示すことで、公共事業としての採用を検討しやすくなる。また、リサイクルプロセスの透明化も重要な要素となる。製品がどのようなリサイクル工程を経て再利用されるのかを可視化し、企業や自治体が導入しやすいように情報を提供することが求められる。例えば、「この製品は、使用後に回収され、再び〇〇製品として生まれ変わります」といったストーリーを提示することで、消費者や企業の関心を引くことができる。

以上の点を総合すると、今回のワークショップの成果をもとに、スタンプ、机ハンガー、ホテル用ゴミ箱、マルチボックスシリーズなど、具体的なターゲット製品を特定することは十分可能である。特に、耐久性・成形性・市場性の観点から優先順位を設定し、自治体・教育機関・ホテル・アウトドア業界と連携しながら実証実験を進めることで、量産化および市場投入の準備を進めることが現実的な方策となると考えられる。

さらに、岐阜プラスチック工業株式会社作成のリストに基づいて、消費者調査を行った結果（4.1に後述）、消費者の選好要因として「安全性欲求」「趣味・価値欲求」「社会参加欲求」「承認欲求（外観・顕示欲求）」が製品の付加価値を高めることが明らかになった。防災的観点からは、安全性欲求を満たすためには、耐久性や機能性を重視したデザインエレメントが求められ、特に、災害時の使用を想定した製品では、強度や可搬性などが重要な要素となる。趣味・価値欲求の観点では、製品の個性やデザイン性、多用途性を高めることが求められ、消費者が自身の価値観に合う製品を選びやすくするため、カラーバリエーションやカスタマイズ性、ライフスタイルに適応する要素が必要となる。

社会参加欲求を満たすためには、製品が循環型社会の形成に寄与していることを実感できるデザインが重要であり、リサイクルプロセスを情報デザイン要素として示し、利用者が社会貢献の一環として製品を選ぶような情報提供や仕組みづくりなどが必要である。承認欲求（外観・顕示欲求）の観点では、デザインの美しさやブランド価値、ステータス性が重要であり、環境配慮型の製品であっても、洗練されたデザインや質感がなければ選ばれにくく、消費者が誇りを持って使用できる要素がはいった製品であることが付加価値の向上につながる。といったことが商品要素として抽出された。

以上の観点から、石けん置き、ハンガー、ゴミ箱、防災ボックスを対象に、デザインエレメントを検討してデザインを行った。

以下、その外形図と質的ユニット内自己評価を示す。評価項目は、同様に仮説的に抽出した「成形性」「リサイクル（回収）性」「市場性」とし、評価項目とした理由を下記に示す。

【成形性】

リサイクルプラスチックはバージン素材（と比べて成形が難しく、品質が安定しにくいと考えられていること。成形できなければ、どんなに優れたアイデアでも実現できないため、技術的なハードルを見極める必要がある。一方で形状の工夫次第で、リサイクル素材の特性を活かした製品を作れる可能性があるためである。「このデザインは複雑すぎてリサイクルプラスチックでは難しいのでは？」「シンプルな形状なら大量生産しやすいし、コストも抑えられる」「プラスチックの特性上、薄すぎると割れやすいので、補強設計が必要」などのWS等での意見も参考にした。

【リサイクル（回収）性】

リサイクル素材で作っても、回収・再利用できなければ環境負荷削減につながらない、使い終わ

った後の処理が難しいと、リサイクル率が低下し、結局は廃棄される可能性が高くなることや、回収・リユース・再生がしやすい設計にすることで、持続可能な製品サイクルを作ることができる。「このアイデア、使い終わった後どうやって回収するのか?」「異素材が組み合わさっていると、リサイクルしにくいのでは?」「再生可能な素材を使っても、回収されなければ価値が減るのでは」「自治体のリサイクルシステムとマッチするかどうかとも考えたほうがいい」などのWS等での意見も参考にした。

【市場性】

環境に優しくても、「売れる」ものでなければ、普及せず、大量生産できない事例や、市場ニーズに合わない、製品化されても使用されず、廃棄されるリスクが高まることや消費者が興味を持つ製品でなければ、持続可能なビジネスとして展開できないからである「アイデアは面白いが、実際に買う人はいるのか?」「環境に優しくても、価格が高すぎたら売れないのでは?」「すでにある製品と比べて、どんな強みがあるのか?」「消費者が『欲しい』と思うデザインや機能になっているか?」などのWS等での意見も参考にした。

リサイクルプラスチックをテーマにしたデザイン提案に対し、以下に、それぞれのデザイン案の意図や機能を解説する。

(2) -1. デザイン案 - スタンプ (図 3.1-1)

この案では、リサイクルプラスチックを使用したスタンプを提案した。スタンプは、廃棄されたプラスチック素材を再成形し、日常生活で実用的に使用できる文具として再生することを目的としている。環境への配慮だけでなく、デザインとしてのユニークさやユーザー体験の向上も考慮されている。特に、子どもたちの教育現場で活用することを想定し、環境意識を高めるツールとしての役割が期待される。



図 3.1-1 デザイン案1 スタンプ

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・ シンプルな形状のスタンプは射出成形や押し出し成形が容易で、リサイクルプラスチックの再利用に適している
- ・ スタンプの持ち手部分と印面を一体成形にすることで、製造工程をシンプルにできる
- ・ プラスチックの流動性（いわゆるひけ）に対応させる設計が必要である
- ・ ディテールが細かい場合は、リサイクル素材の特性（不純物の混入や均一性の課題）によって、細かいデザインが潰れる可能性があるため考慮が必要

【リサイクル（回収）性】

- ・ リサイクルプラスチックを原料とする点は、環境負荷を低減するメリットがある
- ・ スタンプにはインクが付着するため、リサイクル時にインクの除去が必要になる点は課題
- ・ 材質を単一プラスチック（PP）に統一すれば、リサイクルしやすくなるが、耐久性とのバランスを考慮する必要がある
- ・ 使用後の回収システムが必要。特に教育現場での利用を想定するなら、学校や自治体と連携した回収スキームが必要

【市場性】

- ・環境教育向けの教材として学校や自治体での導入が期待できる
- ・文房具市場は比較的安定しており、特に子ども向けの学習ツールとしてのニーズがある
- ・企業の CSR 活動と連携した商品化も考えられる

ただし、既存のスタンプ市場に比べて、価格が高くなりすぎると競争力が下がるため、コスト管理が重要。

(2) -2. 石鹼スライサー兼ディッシュ (図 3.1-2)

このデザインは、石鹼の使用効率を最大限に高めることを目的としている。市場調査によると、石鹼はその形状によって使い切れない部分が発生しやすいが、このデザインでは石鹼を削ることで使いやすくし、無駄を最小限に抑える工夫がされている。さらに、削られた石鹼は細かいフレーク状になり、手洗いや掃除など、さまざまな用途に活用できる。

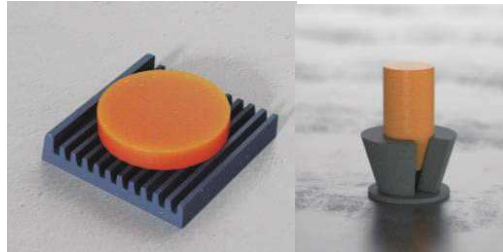


図 3.1-2 デザイン案 2 (一部) ソープディッシュ

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・一般的なプラスチック成形技術（射出成形）で製造可能
- ・石鹼をスライスする刃の部分の形状の設計が難しい
- ・一体成形デザインにすることで、製造コストを抑えつつ耐久性を確保できる
- ・ただし、刃の部分とディッシュ部分の組み合わせによる設計の工夫が必要

【リサイクル（回収）性】

- ・素材を単一プラスチックに統一すればリサイクルがしやすくなるが、できおるだけ少ないパーツにして分解できると良い
- ・使用後の製品回収システムが確立されていないと、一般的なプラスチックごみとして廃棄される可能性がある
- ・石鹼の成分が付着しやすいため、リサイクル時の洗浄工程の有無の検証

【市場性】

- ・エコ意識の高い層（ゼロウェイスト志向）にとって、石鹼を最後まで使い切るというコンセプトは魅力的
- ・「石鹼を無駄なく使える」という利便性が、家庭用・業務用（ホテル・飲食店・温泉施設）など幅広い市場で評価される可能性がある

(2) -3. 小学校の机にかけるハンガー (図 3.1-3)

現状では、小学校の机の横には物を掛けるスペースが限られており、生徒の持ち物の整理が難しいという課題がある。このデザインでは、机の横に設置可能なハンガーを開発し、教室環境の整理整頓を支援することを目的としている。使われる素材としては、リサイクルプラスチックや廃材を活用し、環境への負荷を抑える工夫がなされている可能性がある。



図 3.1-3 デザイン案 3 小学校の机ハンガー

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・シンプルなフック形状であれば、射出成形などの一般的なプラスチック成形方法で容易に製造可能
- ・リサイクルプラスチックを活用する場合、強度や耐久性の確保が課題となるが、厚みやリブ構造（補強用の内部フレーム）を追加する必要がある
- ・机の種類によって取り付け方を工夫する必要があるが、適切な設計をすれば成形工程への影響は少ない

【リサイクル（回収）性】

- ・単一素材のリサイクルプラスチック（PP など）とすれば、回収しやすくなる
- ・ただし、強度を確保するために複合素材（樹脂＋金属クランプなど）を使用すると、回収・分別の難易度が上がる
- ・学校単位での回収・交換システムを構築すれば、リサイクル性の向上が期待できる
- ・使用後の再生利用を考えたデザイン（モジュール型、交換可能なパーツ設計）を取り入れると、リユースしやすくなる

【市場性】

- ・小学校や教育機関にとって整理整頓をサポートする製品は需要が高い
- ・環境配慮（リサイクル素材使用）＋教育的価値（整理整頓習慣の促進）という視点で、学校向けの導入が期待できる
- ・文具・家具メーカーとの連携により、教育機関向けの備品としての展開が可能
- ・既存のフックやS字フックと比較して優位性が弱まらないような、コストと付加価値のバランスが重要

(2) -4. ホテル用のゴミ箱（図 3.1-4）

このデザインは、ホテルの部屋に設置するゴミ箱を再考したものである。特に、ホテルでは短期間で大量のゴミが発生しがちであり、ゴミ箱のデザイン次第で分別のしやすさや衛生管理の効率が大きく変わる。リサイクルプラスチックを使用することで、環境負荷を減らしつつ、機能的でデザイン性の高いゴミ箱を提供することを目的としている。



図 3.1-4 デザイン案 4 ホテル客室ゴミ箱

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・ゴミ箱の形状は比較的単純な成形（射出成形、ブロー成形）が可能であり、大量生産に適している
- ・リサイクルプラスチックを使用しても、強度や耐久性を確保しやすい用途となっている。ホテル仕様の場合、フタ付きや仕切り付きのデザインに価値がある、一体成形と組み立て式のバランスを考慮する必要がある
- ・表面加工に付加機能（指紋が付きにくい、汚れが落ちやすい、抗菌加工など）が求められる可能性がある

【リサイクル（回収）性】

- ・単一素材（PP など）の採用でリサイクルが容易になるが、耐久性の観点から金属フレームやゴムパーツを使用すると分別が必要になる
- ・使用後のリサイクルも考慮し、回収・再成形しやすい設計（分解しやすい構造など）が重要
- ・分別しやすいデザイン（複数の仕切り・色分け・ラベル付け）にすることで、廃棄物のリサイクル率を向上させることが可能
- ・ホテル側のゴミ処理システムと連携し、回収プロセスを最適化できるようにする

【市場性】

- ・ホテル業界では SDGs やサステナブルな取り組みが進んでおり、「環境配慮型のゴミ箱」は導入しやすい
- ・分別をサポートするデザインがあれば、ホテル利用者のリサイクル意識向上にもつながる。高級ホテル向けには「インテリアになじむデザイン」がより求められる
- ・コスト競争力が課題。一般的なプラスチックゴミ箱と比べ、価格が大きく上がると採用が進まないため、適切な価格設計が必要

(2) -5. ハンガー（図 3.1-5）

このデザインは、リサイクル素材を活用したハンガーの提案である。従来のハンガーと異なる点として、形状や材質の違いによって、耐久性を向上させたり、省スペース化を図ったりする工夫が施されている可能性がある。また、製造工程において、廃棄プラスチックを有効活用することで、循環型社会の実現に貢献するデザインとして位置づけられている。

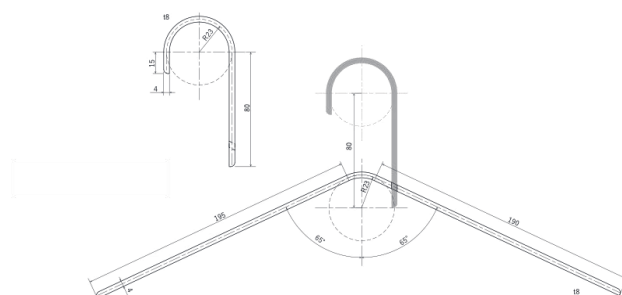


図 3.1-5 デザイン案 5 ハンガー

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・ハンガーの形状は比較的単純な射出成形で製造可能であり、リサイクルプラスチックの使用にも適している
- ・ただし、リサイクル素材を使用すると、強度の確保が課題となるため、補強リブを加える、厚みを増やすなどの工夫が必要
- ・折りたたみ機能や特殊形状（省スペース設計）を追加すると、成形が複雑化し、コストや生産

効率に影響を与える可能性がある

- ・金属を使用する場合は、金属とプラスチックの接合方法（を工夫する必要がある

【リサイクル（回収）性】

- ・単一素材（PP や PET など）で作ればリサイクルしやすいが、耐久性の向上やコスト削減のために異素材（ゴム、金属など）が必要になる可能性がある
- ・使用後の回収が課題。家庭や店舗で廃棄される際に適切にリサイクルされる仕組みがないと、一般ゴミとして廃棄される可能性がある
- ・リユースの促進として、ホテルやアパレルショップ向けに「回収・再生システム」を構築すると、サステナブルな流れを作れる

【市場性】

- ・アパレル業界、ホテル業界、一般家庭と広範な市場があるため、導入の可能性が高い
- ・「リサイクルプラスチック使用」の訴求が、サステナブルブランドや環境配慮型の企業にとって強いアピールポイントになる
- ・コスト競争力がカギ。既存のプラスチックハンガーと価格が大きく変わると採用が進みにくい
ため、適正価格を維持することが重要

以上、環境に配慮したプロダクトデザインが多く提案し、特に日常生活での利便性を向上させつつ、リサイクルや廃棄物削減を意識したデザイン に焦点が当てている。特に、石鹸スライサーやハンガー、ゴミ箱のように 従来の製品の機能を拡張しながら、サステナブルな視点を組み込む工夫 をしている点が特徴である。

このデザイン群は、リサイクル素材の活用だけでなく、ユーザーの行動を変えるきっかけを提供し、より持続可能な消費スタイルへと移行させる役割を果たすことが期待される。今後の展開としては、これらのデザインを実際にプロトタイプ化し、使用感の評価や改良を重ねながら、商業化へ向けた調整を行うことが他ユニットと確認できた。

(3) 製品デザイン案の収束 — (2) で展開したものを実現可能性などのアプローチから収束させていくプロセス

展開したデザイン案を、実現可能なものとして、マルチボックスに収束させ、成形性・回収性・市場性からそれぞれの評価を行った。

物性評価の向上から、運搬または災害時へのマルチユース対応として、マルチボックスにて展開した。災害時における分析を以下のようにデザインフィクション的に行いそれに基づき、ユニット内外での議論を通じ以下のデザイン案を導いた。マルチボックスを選定・デザインした理由は、下記の通りである。

- ・リサイクルプラスチックの特性を活かしやすい（耐久性・防水性・成形の容易さ）
- ・屋外利用に適した設計が可能（防水・UV 耐性・多用途）
- ・市場ニーズが広く、汎用性が高い（家庭・オフィス・キャンプなど様々なシーンで活用）
- ・サステナブルな価値を強調できる（エコブランド戦略、回収・再生システムとの親和性）
- ・製造コストを抑えながら、大量生産・大量導入が可能

このように、「機能性・市場性・環境価値・製造の実現可能性」をバランスよく満たすため、リサイクルプラスチック製品のデザインにおいて「マルチボックス」は最適な選択肢となった。以下の内容で具体的な製品化の検討を行った。

(3) -1. 基本カラーバリエーション（図 3.1-6）

既存商品に対し、カラーデザインを行った。



図 3.1-6 マルチボックスカラー3種類

カラーバリエーションを設定した全体の意義は以下の3項目である。

1. 環境配慮と機能性の両立：リサイクルプラスチックの色に制約がある中で、「環境に優しい製品であることを伝え、使いやすさや耐久性を確保する」ことを目的としたバリエーション
2. 無理のないリサイクル工程：プラスチックの染色工程を極力減らし、原料の特性を活かしつつ環境負荷を抑えることが可能
3. デザイン戦略：ユーザーの心理的影響：色別に意味を持たせることが可能（濃いグレー：高級感・耐久性・落ち着き、薄いグレー：シンプル・清潔感・汎用性、深いグリーン：環境意識・ナチュラル感・リラックス）

以下、マルチボックスデザイン案展開を示す。

(3) -2. マルチボックスキャスター付き（図 3.1-7）

キャスター付きのマルチボックス案を作った。（カラーバリエーションと詳細設計は割愛）



図 3.1-7 マルチボックスキャスター付き

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・本体部分の成形は容易だが、キャスター部分の取り付けや強度確保が課題
- ・キャスターが外付けパーツになるため、組み立て工程が増加
- ・耐久性向上のために厚みを持たせると、コストと重量が増加

【リサイクル（回収）性】

- ・本体はリサイクルしやすいが、キャスター部分が異素材（ゴム・金属）になると分解・分別が必要
- ・単一プラスチックでのキャスター成形が難しく、回収時の仕分けが発生

【市場性】

- ・物流業界、オフィス、学校、自治体、アウトドア市場 など幅広いターゲットが存在

- ・特に高齢者や女性の利用者にとって運搬しやすい点が強み
- ・既存のキャリーケースと競争になるため、価格やデザインの差別化が必要

以上を踏まえた全体評価として利便性は高いが、キャスター部分の成形性・リサイクル性が課題である。

(3) -3. 背負えるマルチボックス (図 3.1-8)

背負うことが可能なマルチボックス案を作った。



図 3.1-8 背負えるマルチボックス

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・本体の成形はシンプルだが、ストラップ用の取り付けパーツや補強設計が必要
- ・プラスチックの剛性と重量のバランスを考えると、過度に大型化しにくい

【リサイクル（回収）性】

- ・ストラップ部分の素材（ナイロン・金属など）が本体と異なるため、分解・分別が必要
- ・本体部分はリサイクルしやすいが、付属パーツのリサイクル適性を考慮する必要

【市場性】

- ・防災・アウトドア・配送業向けの特種市場にはニーズがあるが、一般市場には馴染みにくい
- ・既存のリュックやキャリーケースと競合し、普及には独自の差別化が必要

全体評価：アイデアは面白いが、成形・リサイクルの複雑さと市場ニーズの特化性が課題

(3) -4. ペット運搬可能なマルチボックス（図 3.1-9）

ペット運搬可能なマルチボックス案を作った。



図 3.1-9 ペット運搬可能なマルチボックス

以下デザインチームによる相互評価

【成形性】

- ・ボックス形状としての成形は容易で、通気口や扉の追加による機能性向上も可能
- ・ただし、ドア部分やロック機構があると成形の手間が増え、コストアップにつながる
- ・強度確保のためにリブ補強が必要

【リサイクル（回収）性】

- ・本体はリサイクルしやすいが、扉部分の素材（異なるプラスチック・金属パーツ）が分別を難しくする
- ・できるだけ単一プラスチックで設計することで、リサイクル性を向上できる

【市場性】

- ・ペット市場は拡大中で、災害時のペット避難ニーズも高まっているため、市場性が高い
- ・一般家庭でのペットキャリー用途もあり、通年での販売が可能
- ・自治体の備蓄品・防災用品としても採用される可能性がある

全体評価：市場ニーズが強く、成形・リサイクル性も比較的良好。防災＋日常利用のハイブリッド設計が可能

(3) -5. 災害時のシャワーにもなる可能なマルチボックス（図 3.1-10）

災害時のシャワーにもなる可能なマルチボックス案を作った。



図 3.1-10 マルチボックス シャワー

【成形性】

- ・基本形状はシンプルで成形しやすいが、水を溜めるための密閉性を確保する設計が必要
- ・排水バルブやシャワー機能の組み込みが成形を複雑化
- ・防水加工が必要になるため、プラスチックの選定が重要

【リサイクル（回収）性】

- ・本体はリサイクルしやすいが、排水バルブのゴムパーツや付属部品の分別が課題

- ・バルブ部分を着脱可能にし、交換しやすいデザインにすれば、リサイクル適性が向上

市場性：

- ・災害時の避難所・アウトドア市場向けに強い需要が存在
- ・個人家庭での普及にはハードルがあるが、自治体・企業の備蓄用品としての採用可能性が高い
- ・防災意識の高まりとともに、市場拡大の余地が存在

全体評価：リサイクルは比較的良好だが、一般家庭向け市場での普及には課題がある。自治体・企業向けには有望

以上のように、調査・ワークショップ及び他ユニットの要件に基づきマルチボックスデザインに絞りユーザー調査のためのデザイン設計及び自己評価を行い、市場調査につなげた。

3.2. 製品デザインおよび販売戦略のための消費者調査

(1) 概 括

消費者調査は、再生プラスチック商品に対する消費者選好を明らかにして、当該商品が市場で需要を獲得する条件、特にデザインによってその可能性を拡大していくための要因を明らかにするために行う。

第1アンケート調査は、各種日用品から広く候補をつくり、ワークショップ担当者および物性テストと成形テストの担当者からの意見を踏まえて、対象品目を決定して（表 3.2-1）、3,000 人のネットアンケートを 2024 年 8 月に実施した。

商品は、使用価値だけでなく、社会的認知や自己表現の喜びなどの心理的な傾向性が付加価値をつくりだすので、環境消費行動理論だけでなく、欲求論に関する消費行動理論を踏まえて仮説を構築した。一定の傾向性が見られたので検証調査を連続して行った。

表 3.2-1 対象品目一覧表

商品アイテム	商品例
収納用品	衣装ケース 収納BOX 机の引き出し
掃除用品	ゴミ箱 塵取り
トイレ・台所用品	石鹸置き トイペホルダ
文房具	ペン ペン立て
日用品雑貨	ハンガー ティッシュ箱
デバイスアクセサリー	スマホケース PC保護ケース
園芸用品	うえきばち
ペット用品	ペットディッシュ
戸外用品	自転車BKカゴ
非常用品	防災BOX

これらの結果に基づいてデザインチームが防災ボックス（マルチボックス）について 10 程度のデザイン案を提案した。それらについて議論して、4 類型を選定して、第 2 調査としてコンジョイント分析の調査を 2024 年 12 月～1 月に実施した。その際に岐阜プラスチック工業株式会社での商品生産を前提としてそれまでの物性改善の成果を取り入れた商品ラインナップで全体の検証を行った。

その結果に基づいて金型を設計する予定であったが、既存金型を利用する方針に転換し、デザインチームは消費者調査の結果をデザインに生かす方向で検討を進めた

(2) 再生プラスチック消費および環境消費行動の研究整理と分析枠組み

既往研究を収集し整理して、仮説を導出した。

日本では再生プラスチック商品自体はほとんど消費者が入手する状況がないために調査はほとんど行われていないが、世界的には多くの調査がある。それらは環境意識と環境購買行動の観点が多い。Lotte ら (2023) ¹⁾による「責任 (Responsibility)」と「知覚された知識 (Perceived knowledge)」¹⁾、浅利ら (2021) ²⁾による消費者の意識を可視化する「プライド チャート」、Joana Soares ら (2021) ³⁾によるプラスチック汚染の認識、Widya ら (2024) ⁴⁾によるカーボンフットプリント表示の影響分析における家族や友人の影響、Lise ら (2019) ⁵⁾「予想される良心 (Anticipated conscience)」、石村 (2011) ⁶⁾はソーシャルネットワークなど、再生プラスチック消費行動への多様な影響要因が主張されてきた。

エコラベルが有効であるという調査分析多くある。Li Huang ら (2024) ⁷⁾、田中ら (2023) ⁸⁾、Marius ら (2021) ⁹⁾、Eugene ら (2020) ¹⁰⁾、Maurizio ら (2020) ¹¹⁾。さらに Yvonne ら (2018) ¹²⁾はカーボンラベルよりも「地元産」や「有機農産物」の表示が有効という。近年、再生プラスチック製品に対する倫理的価値観の影響の研究も多い。Enni ら (2022) ¹³⁾は、リサイクル意識の高さ、Francesco ら (2022) ¹⁴⁾は、プラスチックに対する懸念、Athanasios ら (2022) ¹⁵⁾は品質や安全性に対する懸念、Xuan ら (2020) ¹⁶⁾はソーシャルネットワークの影響などを析出している。

表 3. 2-2 環境行動・環境購買理論に関する研究一覧

研究分野	著者	タイトル	所収雑誌・ページ	年次
環境配慮行動の視点	Widya Kartika Laksmawati, Chi-Ming Hsieh, Shang-Ho Yang,	Social influence and climate change issues affecting consumer behavioral intention toward carbon footprint label: A study of Taiwanese consumers	Journal of Cleaner Production, 444, 141092	2024
	Lotte van Oosterhout, Dijkstra, H., Borst, D., Duijndam, S., Rehman, K., & van Beukering, P.	Triggering sustainable plastics consumption behavior: Identifying consumer profiles across Europe and designing strategies to engage them	Sustainable Production and Consumption, 36, 148-160	2023
	浅利美鈴, 西本早希, 安藤悠太, 奥野真木保, 矢野順也, 酒井伸一	プラスチック製品に対する消費者意識・行動の可視化ツール——ブラ・イドチャートの提案と意義について	環境と安全, 12(1), 1-10	2021
	Joana Soares, Isabel Miguel, Cátia Venâncio, Isabel Lopes, Miguel Oliveira	On the path to minimize plastic pollution: The perceived importance of education and knowledge dissemination strategies	Marine Pollution Bulletin, 171, 112890	2021
	Lise Magnier, Ruth Mugge, Jan Schoormans	Turning ocean garbage into products-Consumers' evaluations of products made of recycled ocean plastic	Journal of Cleaner Production, 215, 84-98	2019
	石村知子	地域コミュニティにおけるネットワークが環境配慮行動に及ぼす影響	地域学研究, 42巻, 4号, p.947-961	2012
エコラベルが有効なツールであるかどうかについての議論	Li Huang, Yasir Ahmed Solangi, Cosimo Magazzino, Sheeraz Ahmed Solangi	Evaluating the efficiency of green innovation and marketing strategies for long-term sustainability in the context of Environmental labeling	Journal of Cleaner Production, 450, 141870	2024
	田中大介, Sébastien M. R. Dente, 橋本征二	プラスチック製品におけるエコマーク・資源循環の消費者行動への影響	廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 2023, 34巻, 第34回廃棄物資源循環学会研究発表会, セッションID A3-3-0, p.43-	2023
	Marius Dühr, Anne Berthold, Michael Siegrist, Bernadette Süßterlin	Consumers' knowledge gain through a cross-category environmental label	Journal of Cleaner Production, 319, 128688	2021
	Eugene Yin Cheung Wong, Fanny Fong Yee Chan, Stuart So	Consumer perceptions on product carbon footprints and carbon labels of beverage merchandise in Hong Kong	Journal of Cleaner Production, 242, 118404	2020
	Maurizio Canavari, Silvia Coderoni	Consumer stated preferences for dairy products with carbon footprint labels in Italy	Agricultural and Food Economics, volume 8, 4	2020
	Yvonne Feucht, Katrin Zander	Consumers' preferences for carbon labels and the underlying reasoning. A mixed methods approach in 6 European countries	Journal of Cleaner Production, 178, 740-748	2018
海外における再生プラスチック製品の論理的消費行動の研究	Athanasios Polyportis, Lise Magnier, Ruth Mugge	Guidelines to Foster Consumer Acceptance of Products Made from Recycled Plastics	Circular Economy and Sustainability, 3, 939-952	2023
	Enni Ruokamo, Milja Räisänen, Sari Kauppi	Consumer preferences for recycled plastics: Observations from a citizen survey	Journal of Cleaner Production 379, Part 2, 134720	2022
	Francesco Testa, Natalia Gusmerotti, Filippo Corsini, Edoardo Bartoletti	The role of consumer trade-offs in limiting the transition towards circular economy: The case of brand and plastic concern	Resources, Conservation and Recycling, 181, 106262	2022
	Xuan Hung, Nguyen, Hoang Long Tran, Quang Huy Nguyen, T. Luu, Hanna Dinh and Huyen Trang Vu	Factors influencing the consumer's intention to buy fashion products made by recycled plastic waste	Management Science Letters 10 (2020): 3613-3622	2020

環境商品の影響要因は、環境関係要素が特に強調されるが、実際に、消費者の購買行動は、それ以外の一般的な消費行動要因が影響している。

消費者がどんな「ニーズ（欲求）」に基づいて購買決定をするのかを把握することがきわめて重要である。これらの消費者欲求理論を整理したものが、表 3. 2-3 である。

以上をふまえ、本調査はマズローの「欲求 5 段階説」（1954）¹⁷⁾、アルダファーの E. R. G. 理論（1972）¹⁸⁾、マクレランドの三欲求理論（1976）¹⁹⁾、ケンリックの欲求ピラミッド（2010）²⁰⁾ 及び田中洋の「欲求オクタグラム」（2022）²¹⁾ を基づいて、四つの基本的な欲求を整理した（図 3. 2-1）。

表 3. 2-3 欲求理論一覧表

理論名	提唱者（年）	出典	主な特徴	階層・分類
欲求5段階説	アブラハム・マズロー（1954）	『Motivation and Personality』	人間の欲求を5段階のピラミッド構造として説明	①生理的欲求 ②安全欲求 ③社会的欲求 ④承認欲求 ⑤自己実現欲求
E. R. G. 理論	クレイトン・アルダファー（1972）	『Existence, Relatedness, and Growth; Human Needs in Organizational Settings』	マズローの理論を3つのカテゴリーに再分類し、欲求は順番ではなく同時に存在すると主張	①存在欲求（生理的・安全欲求） ②関係欲求（社会的・承認欲求） ③成長欲求（承認・自己実現欲求）
三欲求理論	デイヴィッド・マクレランド（1976）	Power is the Great Motivator, Harvard Business Review	職場での動機付けに特化し、人間の行動を3つの欲求で説明	①達成欲求（成功・目標達成） ②権力欲求（影響力・リーダーシップ） ③親和欲求（人間関係・つながり）
欲求ピラミッド	ダグラス・ケンリック（2010）	『Sex, Murder, and the Meaning of Life』	進化論的適応の観点から欲求を7つの階層に分類	①生存欲求 ②自己防御 ③所属の欲求 ④地位・自尊心 ⑤配偶者選択 ⑥配偶者維持 ⑦子育て
欲求オクタグラム	田中洋（2022）	電通「心が動く消費調査」	消費者行動の多様性を八角形の構造で可視化	①安全欲求 ②適合・維持欲求 ③自主・自由欲求 ④奉仕欲求 ⑤承認欲求 ⑥好奇心・刺激欲求 ⑦優越欲求 ⑧挑戦・達成欲求

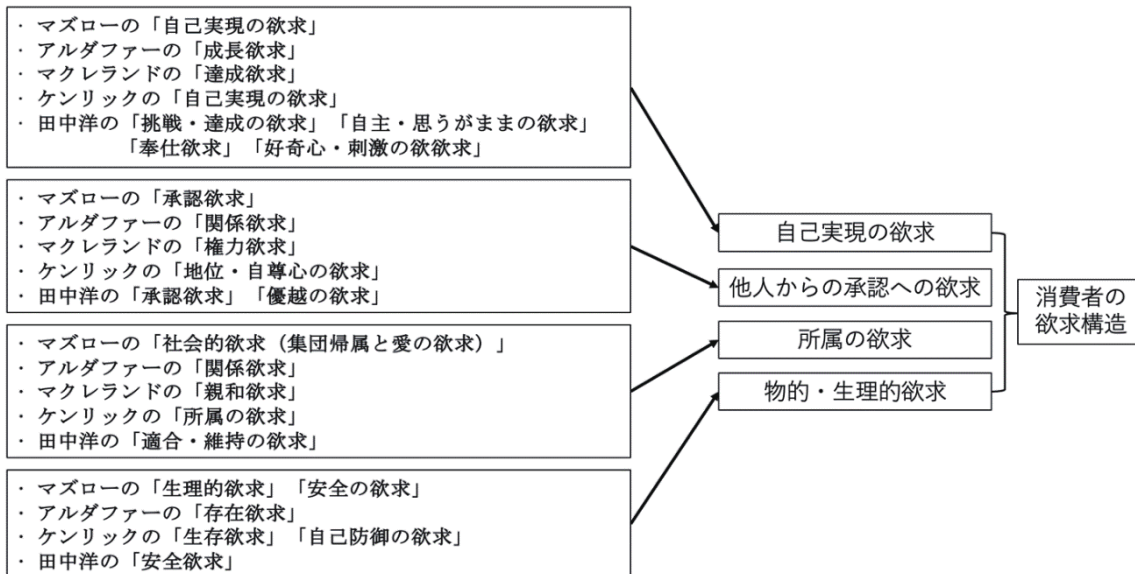


図 3.2-1 欲求理論の再整理

自己実現の欲求は自分が満足できる理想自己や成長に関連し、他人からの承認への欲求は社会的評価を求める欲求に対応し、所属の欲求は人間関係やグループ帰属への欲求として捉えられ、物的・生理的欲求は生命維持や安全確保という基礎的な欲求に一致する。各理論における欲求段階や分類が、この四つの基本欲求と論理的に結びつき、消費者行動の理解に役立つ包括的なフレームワークを提供する。

そのうえで、欲求の認知だけではとらえきれない、多様な欲求を分析対象に入れるために、欲求論をベースにしつつ、個々人が持つ多様な趣味を設問に加えた（図 3.2-2）。

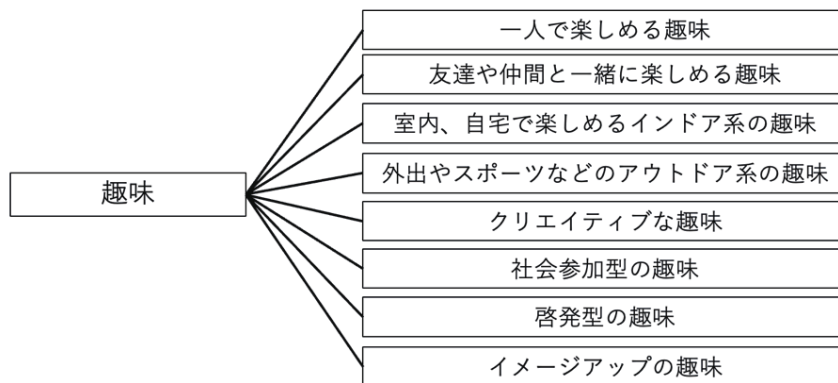


図 3.2-2 趣味に関する分類図

(3) 仮説と質問項目の設定

本研究は、上に述べたように、環境配慮行動および再生プラスチック商品の購買行動、および消費者欲求の大きな消費者分析の流れを押さえて、それらの理論的枠組みで想定されている行動および意思・欲求に関する類型的把握から設問設定を図 3.2-3 に整理した。

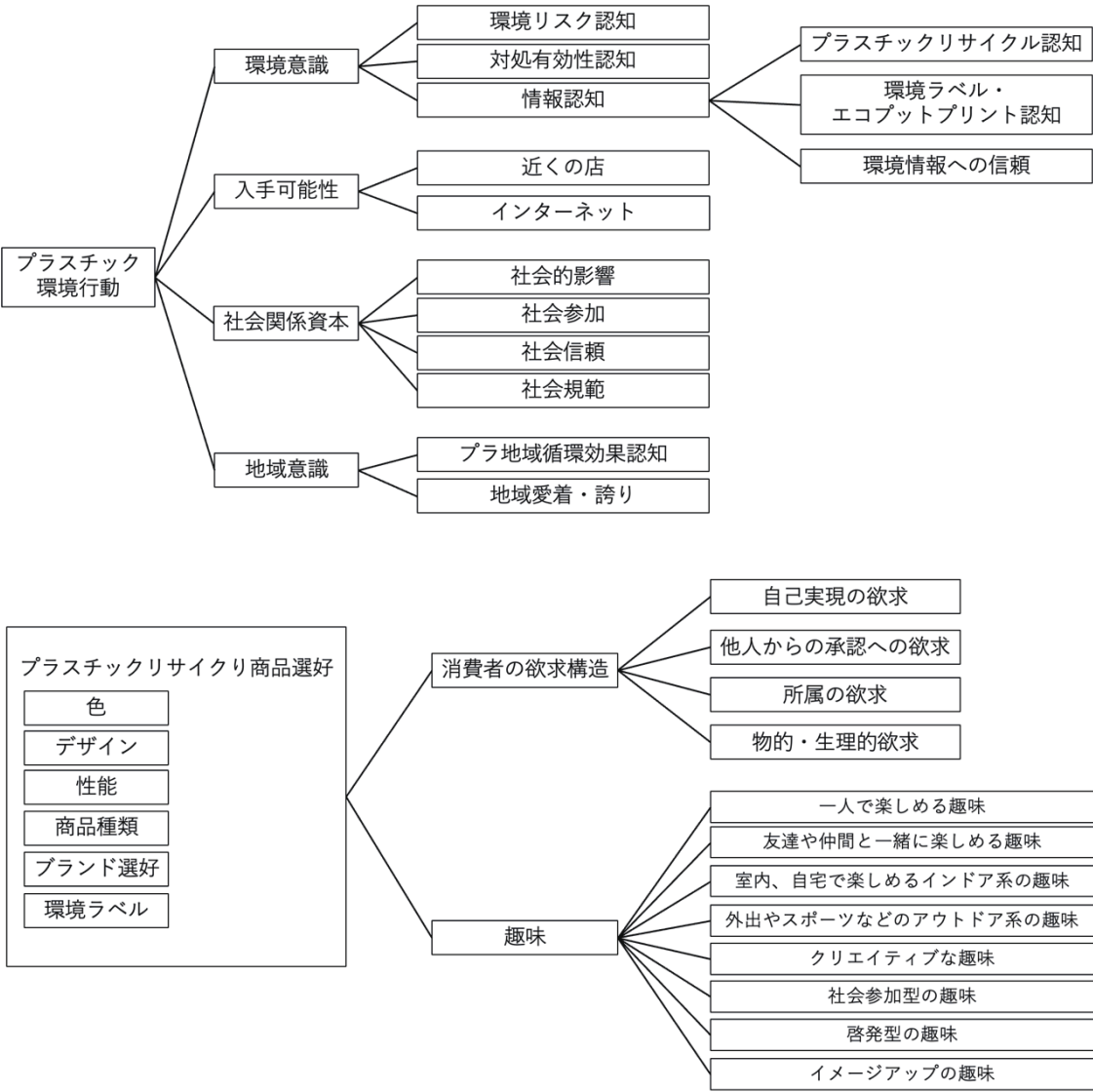


図 3.2-3 仮説構造図

(4) 再生プラスチック商品に対する消費者選好

(4) -1. 再生プラ製品の購買意欲及び購入する際の重視要素

岐阜プラスチック工業株式会社が成型テストなどを踏まえ、得られた物性条件に基づき製造可能な商品リストから7つに絞って、「他人の目に触れるか」（他人に見える場所で使うかどうか）と「接触頻度」（接触頻度が高いかどうか）の2つの軸で、「ハンガー」、「石けん台」、「スポンジラック」、「台所のドレイナー」、「ティッシュボックス」、「掛け時計」、「スマホケース」の7種類の製品を4つのカテゴリーに分類し（表 3.2-4）、デザイン評価に関する消費者調査を行った。

表 3.2-4 七つの商品及び分類

製品名	他人の目に触れるか	接触頻度
スポンジラック	触れにくい	低頻度
ハンガー	触れにくい	低頻度
石けん台	触れにくい	高頻度
掛け時計	触れる	低頻度
台所のドレイナー	触れる	低頻度
スマホケース	触れる	高頻度
ティッシュボックス	触れる	高頻度

プラスチック通常品、無色プラスチック再生品、および色付きのプラスチック再生品の購買意欲の平均値を示したのが図 3.2-4（「他人の目に触れるか」の順）、図 3.2-5（「接触頻度」の順）である。

プラスチック通常品、無色プラスチック再生品、および色付きプラスチック再生品の購入意向の間の統計的な有意差に関する分析（多重比較法）が行われた。石けん台の場合では、無色再生プラスチックと色付き再生プラスチックの間で有意差が見られた。スマホケースの場合では、無色再生プラスチックと通常品の間で有意な差が確認され、また、色付き再生プラスチックと通常品の間でも有意差が確認された。ハンガーの場合では、無色再生プラスチックと通常品、色付き再生プラスチックの間でも有意差がある。

図 3.2-4 の示したように、消費者の無色のプラ再生品に対する購買意欲は、「他人の目に触れにくい製品」から「他人の目に触れる製品」に移行するにつれて低下する傾向が見られる。これは、他人の目にする可能性の高い製品については、外観が求められるため、色に欠ける無色再生プラスチック製品は、消費者にとって魅力的ではない。また、消費者の無色の再生プラスチック製品に対する購買意欲は、「接触頻度が低い」から「接触頻度が高い」に移行するにつれて低下する傾向がある（図 3.2-5）。これは、消費者が日常的に頻繁に使用する製品に対しては、無色の再生プラスチックは手触りや品質の面で劣ると考える可能性があるため、消費者は無色再生プラスチックを避ける傾向にある。しかし、掛け時計は、接触頻度が極めて低いため、使用感に影響を受けにくい。そのため、無色再生プラスチックであっても消費者の購買意欲が大きく低下することはないと考えられる。

つまり、無色再生プラスチック製品は、見た目や質感に対して高い要求を持つ消費者のニーズに十分に答えられていない可能性があることが確認された。また、消費者の購買意欲は製品が使用される場所や頻度、そして外観や質感に対する要求に応じて大きく異なることが示されている。

図 3.2-6 は回答者が再生プラスチック製品に対して重要視される要素の平均値を項目ごとに示している。

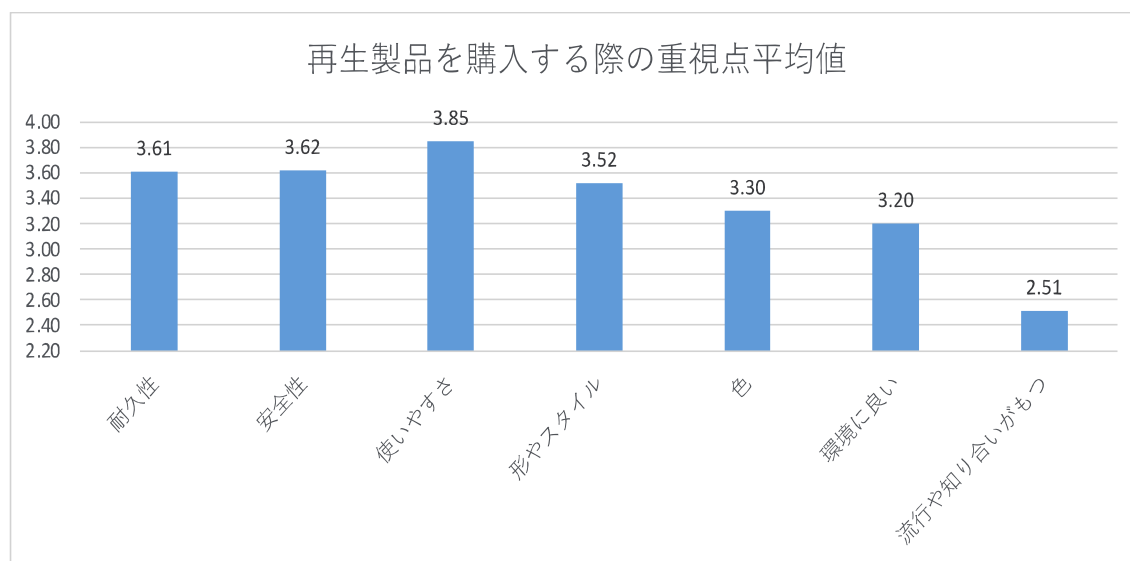


図 3.2-6 再生プラ製品を購入する際の重視点平均値

結果から、再生プラスチック製品の購入において、消費者は「使いやすさ」「安全性」「耐久性」といった機能的な要素を最も重視していることが明らかになった。また、デザインや色などの見た目も一定の影響を持つものの、環境への配慮や流行といった要素は比較的低い重視点となっている。再生プラスチック製品の市場戦略では、消費者の機能面に対するニーズを強調しつつ、デザイン性も意識することが重要と考えられる。

(4) -2. 主成分分析（消費者性向の類型的把握）

消費者の違いによってどのような購買意欲となるのかを明らかにするため、主成分分析とバリマックス回転を用いて、プラスチックに関する環境意識と環境行動、社会関係資本と欲求・趣味に関わる変数を再整理して分析した。プラスチックに関する環境意識と環境行動の因子分析の結果は表 3.2-5 に示している。

五つの因子が抽出された。これにより、プラスチックに関する環境意識と環境行動の質問項目は五つの主要な因子に分類できることが確認された。それぞれの変数に構成された合成因子の信頼性を検証した結果、Cronbach のアルファの値が 0.924、0.918、0.908、0.785、0.883 であることは、高い信頼性を示している。この結果は、すべての合成因子の内的一貫性（内的整合性）が高いことを確認するために有効である。第一因子に「環境問題懸念」と命名する。第二因子に「プラ3R行動」と命名する。第三因子に「エコラベル認知」と命名する。第四因子に「ごみ削減」と命名する。第五因子に「再生プラ効果認知」と命名する。

表 3.2-5 環境意識と環境行動に関する調査項目の因子分析の結果

回転後の成分行列a					
	成分				
	1	2	3	4	5
海洋プラ問題が人体への悪影響	0.845	0.084	0.063	0.207	0.167
悪影響懸念してた	0.836	0.136	0.108	0.178	0.117
悪影響が人間の行動で緩和できる	0.835	0.083	0.027	0.192	0.152
プラ問題が人間の行動で緩和でき	0.834	0.075	0.044	0.171	0.148
プラ問題深刻	0.815	0.115	0.065	0.234	0.159
プラ問題懸念してた	0.815	0.140	0.111	0.204	0.123
再生プラ推進	0.617	0.189	0.157	0.143	0.113
国の努力認知	0.475	0.261	0.368	0.058	-0.080
再生品買いたい	0.163	0.753	0.231	0.207	0.211
再生ペット買いたい	0.154	0.748	0.235	0.183	0.209
地域プラ買いたい	0.172	0.735	0.215	0.149	0.279
環境商品購入	0.152	0.725	0.301	0.168	0.091
紙や木選ぶ	0.136	0.709	0.298	0.152	0.063
プラリユース容器の購買	0.048	0.664	0.370	0.013	-0.018
自然保護参加	-0.010	0.660	0.386	-0.087	-0.127
地域プラ応援	0.262	0.659	0.171	0.221	0.330
省エネ家電	0.247	0.556	0.188	0.301	0.048
フットプリント認知	-0.041	0.328	0.749	-0.211	-0.057
フットプリント参考購買	-0.066	0.386	0.733	-0.205	-0.029
資源化の先を知っている	0.096	0.271	0.726	0.096	0.142
再生品イメージある	0.157	0.214	0.709	0.172	0.170
エコラベル参考購買	0.086	0.387	0.672	0.081	0.234
再生品認知	0.220	0.166	0.642	0.248	0.200
フットプリント信頼	0.129	0.307	0.614	-0.024	0.257
エコラベルを分別利用	0.121	0.292	0.595	0.182	0.302
エコラベル信頼	0.249	0.219	0.502	0.267	0.462
エコラベル認知	0.156	0.010	0.484	0.462	0.234
マイバッグ	0.271	0.192	-0.023	0.732	0.136
詰め替え	0.330	0.172	0.044	0.731	0.165
食事完食	0.337	0.115	0.057	0.677	0.059
包装プラ分別	0.312	0.331	0.014	0.576	0.217
公共交通利用	0.177	0.269	0.315	0.355	-0.286
温暖化防止効果	0.402	0.163	0.279	0.215	0.634
海洋保全効果	0.419	0.139	0.250	0.268	0.632
資源化の先を知りたい	0.310	0.284	0.327	0.184	0.588
地域経済活性化効果	0.267	0.276	0.431	0.083	0.564
因子抽出法: 主成分分析					
回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法					
a. 9 回の反復で回転が収束しました。					

表 3. 2-6 社会関係資本に関する調査項目の因子分析の結果

回転後の成分行列a					
	成分				
	1	2	3	4	5
地域貢献	0.818	0.064	0.277	0.096	0.152
地域愛着	0.807	0.062	0.253	0.041	0.213
社会規範評価	0.788	0.204	0.168	0.234	0.019
周囲信頼	0.708	0.201	0.093	0.339	0.088
SNS情報発信	0.061	0.835	0.303	0.169	0.006
SNS情報信頼	0.263	0.834	0.080	0.054	0.111
SNS友人多い	0.079	0.816	0.286	0.249	-0.013
町内会活動参加	0.312	0.103	0.792	0.129	0.183
行政に意見	0.166	0.378	0.772	0.167	-0.021
社会活動参加	0.283	0.316	0.749	0.206	-0.045
社会団体交流	0.217	0.291	0.284	0.775	0.065
友人交流	0.294	0.148	0.152	0.756	0.331
家族交流	0.258	0.052	0.052	0.236	0.908
因子抽出法: 主成分分析					
回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法					
a. 6 回の反復で回転が収束しました。					

社会関係資本の因子分析の結果は表 3. 2-6 に示している。五つの因子が抽出された。

これにより、社会関係資本に関する調査項目は五つの主要な因子に分類できることが確認された。それぞれの変数に構成された合成因子の信頼性を検証した結果、Cronbach のアルファの値が 0. 866、0. 863、0. 846、0. 764 であることは、高い信頼性を示している。この結果は、すべての合成因子の内的一貫性（内的整合性）が高いことを確認するために有効である。第一因子に「地域・周囲」と命名する。第二因子に「SNS」と命名する。第三因子に「市民参加」と命名する。第四因子に「社会交流」と命名する。第五因子に「家族交流」と命名する。

欲求・趣味の因子分析の結果は表 3. 2-7 に示している。五つの因子が抽出された。これにより、欲求・趣味に関する調査項目は五つの主要な因子に分類できることが確認された。それぞれの変数に構成された合成因子の信頼性を検証した結果、Cronbach のアルファの値が 0. 898、0. 874、0. 867、0. 787、0. 845 であることは、高い信頼性を示している。この結果は、すべての合成因子の内的一貫性（内的整合性）が高いことを確認するために有効である。第一因子に「安心欲求」と命名する。第二因子に「趣味・社交欲求」と命名する。第三因子に「評価・外観欲求」と命名する。第四因子に「内面充実欲求」と命名する。第五因子に「社会奉仕欲求」と命名する。

表 3.2-7 欲求・趣味に関する調査項目の因子分析の結果

回転後の成分行列a					
	成分				
	1	2	3	4	5
健康生活	0.776	0.050	0.125	0.204	0.195
危険回避	0.775	-0.102	0.161	0.321	0.047
悪環境減らす	0.744	0.049	0.152	0.243	0.288
安定収入	0.694	-0.093	0.284	0.339	-0.022
家族の時間	0.687	0.160	0.254	0.113	0.095
長生き	0.669	0.269	0.174	0.012	0.003
愛し愛される	0.584	0.171	0.456	0.130	0.071
友人や仲間	0.497	0.281	0.464	0.088	0.130
社会参加趣味	-0.010	0.761	0.053	-0.056	0.411
啓発型趣味	-0.059	0.738	0.076	-0.043	0.331
クリエイティブな趣味	0.013	0.674	0.119	0.289	0.102
イメージアップ趣味	-0.042	0.674	0.286	0.064	0.105
友人との趣味	0.249	0.671	0.180	0.211	-0.042
アウトドアの趣味	0.229	0.632	0.101	0.224	0.013
コミュニティ	0.229	0.567	0.308	-0.001	0.392
リーダーシップ	0.071	0.550	0.482	-0.093	0.270
かっこいい	0.255	0.172	0.735	0.125	0.090
社会的地位	0.215	0.266	0.704	0.101	0.140
ブランド	0.164	0.199	0.694	0.113	0.121
評価	0.393	0.148	0.665	0.164	0.072
ファッション	0.326	0.080	0.529	0.364	0.238
自分の成長	0.390	0.197	0.442	0.299	0.383
一人の趣味	0.364	0.071	0.124	0.721	-0.031
インドア系趣味	0.216	0.292	0.036	0.700	0.037
趣味	0.266	0.137	0.383	0.608	0.134
内面的価値観	0.513	-0.052	0.311	0.519	0.169
環境保護	0.263	0.248	0.184	0.157	0.747
ボランティア	0.104	0.446	0.184	0.062	0.723
サークルNPO	0.149	0.541	0.241	-0.047	0.604
因子抽出法: 主成分分析					
回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法					
a. 10 回の反復で回転が収束しました。					

(4) -3. 再生プラ商品の購買意欲に影響を与える消費者属性の把握

再生プラ商品の購買意欲に対する影響要因を明らかにするため、「再生プラ製品への購買意欲」を目的変数とし、15つの合成変数と年齢、性別などの変数を説明変数として投入し、SPSS ステップワイズ法による重回帰分析を行った。結果は表 3.2-8 となる。

ここから以下のことが分かる。

表 3.2-8 再生プラ商品の購買意欲に影響を与える消費者属性に対する重回帰分析の結果

消費者特性 製品 カテゴリー		標準化係数 ベータ																	
		性別	年齢	再生プラ を使った 経験	環境問 題懸念	プラ3 R行動	エコラ ベル認 知	ごみ削減	再生プラ 効果 認知	地域・ 周囲	SNS	市民参 加	社会交 流	家族交 流	安心欲 求	趣味・ 社交欲 求	評価・ 外観欲 求	内面充 実欲求	社会奉 仕欲求
無ハンガー						0.083	0.156		0.064	0.081	-0.064			0.062	0.109		0.073	0.053	0.051
無石けん台	-0.056					0.070	0.124			0.105	-0.068			0.050	0.073		0.073	0.052	0.089
無スポンジラック				0.051		0.094	0.131			0.116	-0.070				0.078		0.087		
無台所のドレイナー	-0.067		-0.047			0.045	0.105		0.050	0.081				0.066	0.086		0.087		0.056
無ティッシュボックス			-0.048			0.084	0.112	-0.070		0.084				0.080	0.107		0.080		0.060
無掛け時計						0.113	0.164		0.066	0.061	-0.057				0.096		0.063		
無スマホケース						0.117	0.181		0.076						0.091		0.075		0.078
色ハンガー						0.051	0.166		0.068	0.065					0.113		0.075	0.065	
色石けん台	-0.062						0.127			0.094					0.090		0.070	0.053	0.073
色スポンジラック							0.126			0.124					0.085		0.082	0.054	
色台所のドレイナー	-0.045		-0.060				0.145			0.062					0.080		0.090		0.052
色ティッシュボックス			-0.047			0.056	0.159	-0.069		0.071					0.121		0.077	0.050	
色掛け時計							0.123		0.050	0.061					0.114	0.063	0.064	0.058	0.069
色スマホケース			-0.064			0.062	0.162		0.065	0.063					0.075		0.078		0.055

1. 全体から見ると、再生プラスチック製品の購買意欲において、「性別」（男性）、「再生プラスチックを使用した経験」（ある（有が0、無が1））が、再生プラスチック製品への購買意欲に影響を与えている
2. 「プラ3R行動」や「エコラベル認知」、「再生プラ効果認知」といった環境志向・認識は、再生プラスチック製品の購入を促進している
3. 再生プラスチック製品の購買意欲には、「地域・周囲」が大きく影響していることが分かった。これは、友人や家族、地域社会とのつながりが重要なシチュエーションでは、「周囲からどのように見られるか」を気にする傾向が強い
4. 「SNS」は、無着色再生プラスチック製品の購買意欲に対してマイナスの影響を与えている
5. 「安心欲求」と「評価・外観欲求」が特に大きな影響を与えている
6. 「内面充実欲求」が「趣味」と「内面的価値観」で構成され（表 3.2-5）、再生プラスチック製品の購買意欲に影響していることは、消費者が再生プラスチック製品を買って、使用することで得られる精神的な満足感を重視している
7. 「社会奉仕欲求」が再生プラスチック製品の購買意欲に大きな影響を与えている。これは、消費者が再生プラスチック製品を選ぶことで社会的に貢献しているという意識を持っていると推察する

1～7の内容から、下記の通り考察した。

商品種類によって異なる購買意欲の傾向性から影響する消費者欲求の構造が異なることが明らかとなった。製品ごとに適したマーケティング戦略を策定することが重要である。また、製品の品質改善とその表示および環境表示が重要と考えられるため、品質の改善の表示、加えて環境負荷に関する情報の可視化の施策を強化する必要がある。なお、色やデザインの改善では、評価・外観欲求や地域・周囲、SNSの影響から需要拡大の可能性があり、商品イメージがデザイン等

よって個性の発揮や趣味と結びつくような状態に変われば、カラーリングやデザイン等で内面充実欲求による需要が増える可能性はある。

(4) -4. 無色の再生プラ商品を買う時に重視する要素の明確

無色の再生プラ商品を買う時に重視する要素を明らかにするため、「無色プラ製品への購買意欲」を目的変数とし、各製品への重視点変数を説明変数として投入し SPSS ステップワイズ法による重回帰分析を行った。（表 3.2-9）

表 3.2-9 無色の再生プラ商品を買う時に重視する要素に対する重回帰分析の結果

カテゴリー	製品名	耐久性	安全性	使いやすさ	形やスタイル	色	環境に良い	流行や知り合いがもつ
①	無ハンガー	0.084			0.056		0.227	
	無スポンジラック		0.081				0.216	
②	無石けん台	0.078					0.209	
③	無掛け時計		0.057				0.207	0.064
	無台所のドレyna		0.106			-0.054	0.186	0.080
④	無スマホケース						0.217	0.096
	無ティッシュボックス						0.238	0.059
カテゴリー	製品カテゴリー	耐久性	安全性	使いやすさ	形やスタイル	色	環境に良い	流行や知り合いがもつ
①	色ハンガー	0.110	-0.090		0.152		0.157	
	色スポンジラック	0.081			0.067		0.103	0.062
②	色石けん台	0.098					0.105	0.087
③	色掛け時計	0.058			0.097		0.129	0.065
	色台所のドレyna	0.073			0.056		0.082	0.131
④	色スマホケース				0.106		0.149	0.083
	色ティッシュボックス				0.074		0.125	0.100

カテゴリー①：他人の目に触れにくく、接触頻度も低い製品

このカテゴリーに属する製品は、使用場所が限られており、日常的に視界に入りやすく、また、頻繁に触れる必要がなく、利用のたびに一度だけ触れる製品である。

無色の再生プラ製品の場合では、購入決定に大きな影響を与える要因として、主に「耐久性」、「安全性」や「環境に良い」という要素を重視していることが確認された。視界に入りにくい製品であるため、デザインや外観の要素は優先度が低く、実用的な要素が購買意欲に強い影響を与えていると考えられる。

一方、色付きの再生プラスチック製品においては、消費者は「耐久性」に加えて「形やスタイル」、「流行や知り合いが持つかどうか」といった視覚的および社会的要素を重視する傾向がある。着色製品の場合、視界に入りにくいカテゴリー①の製品であっても、色やデザインにこだわりを持つ消費者が多いことが特徴である。特に「流行や知り合いが持つかどうか」が重要視される背景には、消費者が周りに同調する傾向やトレンド意識を購買決定に反映していることが考えられる。

無着色と着色の比較から、視界に入りやすく接触頻度が低いカテゴリー①の製品であっても、異なる購買要因が存在することが明らかとなった。無着色製品では実用性と環境保護が主要な要

因となり、シンプルかつ安全で長持ちすることが重視される。一方で着色製品においては、視覚的な魅力や社会的影響が強調され、流行や他者からの評価が購買意図に関与する傾向が高い。

カテゴリー②：他者の目にふれにくい、接触頻度が高い製品

カテゴリー②に属する製品を選ぶ消費者にとって、「環境に良い」という要因が最も重要であると確認された。特に無着色製品の購買意欲は「環境に良い」という要因に大きく依存しており、消費者が持続可能な製品選択を通して環境貢献を図ろうとする姿勢が強く表れている。また、無着色製品の消費者にとって「耐久性」も重要な要因である。

対照的に、着色再生プラスチック製品を選ぶ消費者は、「耐久性」に加えて「流行や知り合いが持っているか」という社会的要因も重視する傾向が強いことが判明した。石けん台という視覚的には目立たない製品においても、着色製品ではデザイン性や色彩の選択が重要視され、消費者は個人的な趣味やトレンドを反映した製品を好む傾向がある。さらに、「環境に良い」点に関しては、着色再生プラスチック製品の消費者にも一定の関心が見られるものの、その優先度は無着色製品と比較して相対的に低い。このため、着色の場合では環境意識が付随的な要素として位置づけられる傾向がある。

カテゴリー③：他者の目にふれるが、接触頻度が低い製品

カテゴリー③に属する無着色再生プラスチック製品を選ぶ消費者においても、「環境に良い」という要因が最も重要視されている。無着色製品は、視覚的に環境配慮を示す選択肢として支持されており、こうした製品を購入することでエコ意識をアピールする消費者が多いと考えられる。視界に入る頻度が高い製品であることから、無着色製品がエコフレンドリーであることを日常的に意識できるため、環境意識を反映させる選択肢として評価されている。また、無着色再生プラスチック製品は、着色製品と異なり視覚的にシンプルで主張が少ないため、環境への配慮が消費者の購買動機において強調されると考えられる。さらに、「安全性」も無着色製品の購入に影響を与える要因であり、製品自体が無着色であることによる素材の純度や安全性に関心を抱きやすく、特に家庭内で視界に入りやすい製品には、安全であることを優先して求める傾向があると考えられる。加えて、「流行や知り合いが持っているかどうか」という要素も購買意欲に影響を与えている。これは、無着色製品の消費者はエコ意識の共有や流行意識を通じて、自身の価値観やライフスタイルを示すことである。

一方で、着色再生プラスチック製品を選ぶ消費者は、「耐久性」や「形やスタイル」を重視する傾向が見られる。着色製品は、色彩やデザインが視覚的に強調されるため、特に掛け時計のように目立つ場所に配置される製品において、視覚的な要素が特に重要となる。また、着色製品の消費者は「流行や知り合いが持っているかどうか」にも関心を持ち、自宅内における他者からの意見や流行の影響を受けやすい傾向がある。「環境に良い」という要因に関しては、着色再生プラスチック製品の消費者も関心を示すものの、その重要性は無着色製品の消費者と比較すると相対的に低い傾向にある。これは、環境配慮よりも視覚的な個性やデザイン性を優先し、環境配慮を購買動機の補助的要素として位置づけているためと考えられる。

カテゴリー④：他者の目にふれ、接触頻度も高い製品

これらの無着色再生プラスチック製品を選ぶ消費者は、「環境に良い」という要因を重視する傾向が強い。また、これらの製品は友人や家族などの他者の目にも触れやすいことから、「流行や知り合いが持っているかどうか」も購買意思決定に影響を与える。こうした選択は、消費者にとって単なる購買行動にとどまらず、自己のエコ意識を反映する生活の一環として捉えられている。消費者は他者とエコ意識を共有し、共感を得ることで社会的な一体感を感じる傾向がある。

一方、着色再生プラスチック製品を選ぶ消費者は、購入時に「形やスタイル」を重要視しており、デザインや個性を表現できる視覚的な要素が特に重視される。スマホケースやティッシュボックスは家庭内や外出先で他者の目に触れる機会が多いため、消費者は「耐久性」でなく、

視覚的な美観やデザイン性を通じて自分の趣味やライフスタイルを反映したいと考える。このような視覚的要素に加えて、着色製品の消費者も「流行や知り合いが持っているかどうか」を購買意欲の一因とする傾向がある。特に、スマホケースのようなファッションアイテムとしての側面が強い製品では、他者との共通性やトレンド意識が、消費者の満足度に大きく関わっていると考えられる。また、「環境によい」という要因も一定の影響を持つが、無着色製品と比較してその重要度は低く、着色製品の消費者にとっては環境配慮が副次的な位置づけにあることが示唆される。

本研究の結果から、視認性（他者の目にふれるか）と接触頻度の違いによって消費者の購買意思決定における重視点が異なることが明らかになった。視認性が高い製品ほど消費者は視覚的な自己表現や社会的評価を重視し、無着色製品では環境意識、着色製品ではデザイン性やトレンド意識が顕著に表れる。

また、視認性が高い場合では、接触頻度が高い製品ほど外観性が重要視される傾向がある。一方、視認性が低い場合では、基本的には「外観の影響が少ない」と考えられるが、接触頻度が低い製品ほど外観性が重要視される傾向がある。つまり、接触頻度が極端に低い製品ほど、むしろデザイン性が気になるという逆の傾向が見られる。

最後、無着色製品ではエコ意識が、着色製品ではデザイン性とトレンドが意思決定に大きな影響を与えることも証明された。これらの知見は、無色再生プラ製品及び色付きの再生プラ製品の普及に対して、視認性と接触頻度に応じたターゲティング戦略の重要性を示唆している。

(4) -5. 岐阜プラスチック工業株式会社の実証対象の製品の購買意欲に対する影響要因の把握

防災ボックス（マルチボックス）、ごみ箱、せっけん置きの3つの無着色再生プラスチック製品をターゲット商品として設定し、それらの購買意欲に影響を与える要因を分析した。重回帰分析（ステップワイズ法）を用いた結果、購買意欲に関する複数の共通要因および製品ごとの特徴的な要因が明らかになった。（表 3. 2-10）

表 3.2-10 岐阜プラスチック工業株式会社の実証対象の製品の
購買意欲に影響を与える諸要素対するの重回帰分析の結果

		防災ボッ クス	ごみ箱	せっけん 置き
属性	性別		-0.054	-0.082
消費者欲求	趣味		0.052	
	ボランティア参加			0.086
	社会的地位		0.063	
	ブランド	0.043		
	サークルやNPOなど参加	0.050		
	愛し愛される			-0.051
	家族の時間	0.055		
	危険回避したい	0.084	0.087	0.083
	プラ問題懸念してた	0.080		
環境意識・ 行動	再生プラ推進すべき			0.072
	公共交通利用			
	包装プラ分別する	0.065	0.077	
	リユース容器使用する	-0.064	-0.063	
	紙や木選ぶ			-0.059
	地域プラ買いたい			0.093
再生プラ 購買時に重 視すること	耐久性	0.147	0.116	0.128
	形やスタイル	0.085	0.075	
	環境に良い：温暖化や海洋プ ラ問題への対応	0.133	0.155	0.121
	自分の趣味との関連	-0.085	-0.113	-0.048
	近くのお店で買えること		0.070	0.071
使用経験・ イメージ	再生プラ商品使用経験	0.115	0.101	
	再生プラ商品の品質イメージ	0.129	0.138	0.172

黄色着色の数字はは回帰係数の上位5つ

1. 3つの商品共通で、耐久性、環境に良いこと、危険回避（安全性や耐久性、環境問題に関係する）、品質イメージが購入に影響する。品質改善とその表示および環境表示が重要と考えられる。
2. 防災ボックス（マルチボックス）とごみ箱は、さらに、デザイン（形やスタイル）が影響する。
3. 防災ボックス（マルチボックス）は、家族の時間、仲間との活動、ごみ箱は、趣味と社会的地位、せっけん置きはボランティア活動などの消費者欲求に関係があった。製品特性に関係するライフスタイルに関係していると考えられる。

4. いずれも、自分の趣味との関係がマイナスであり、今後、商品デザインが多様に生まれてくると需要は改善される可能性がある。
5. 再生プラ商品の使用経験と品質イメージが、購入意欲に影響する。今後、良質の再生プラスチック商品が市場に出回り、人々が買う経験が増えると、好循環で、購入意欲が改善されていくと考えられる。

(5) マルチ防災ボックスに対するコンジョイント分析調査

(5)-1. 調査概要

2024年12月に全国（47の都道府県）の消費者に向け、4000通のネットアンケート調査を行った。防災ボックス（マルチボックス）の購入意欲に影響を与える具体的な要因を明確にするために、色、素材、付加機能、価格の4つの属性を設定し、直交計画で、9パターンの商品の組み合わせを提示して（図3.2-7）、買いたい順番を回答してもらった。コンジョイント分析を実施した。



図 3.2-7 9 パターンの商品の組み合わせ

回答者の性別分布は男性 2000 人（50%）、女性 2000 人（50%）であり、均等な割合でデータを取得した。回答者の年齢層は、30 代、40 代及び 50 代が最も多く、それぞれ 20.0% を占めていた。次いで、20 代（18.7%）、60 代（12.7%）、70 代（6.5%）、10 代（1.3%）、80 代（0.8%）の順であった。消費活動が活発な 30 代～50 代の割合が高く、再生プラスチック製品の市場ターゲット層を把握するのに適したサンプルが得られた。また、回答者が東京都（19.45%）、神奈川県（10.50%）、大阪府（8.35%）の順に多く、都市部の割合が高い。また、埼玉県（6.73%）、千葉県（6.05%）、愛知県（5.25%）と続いており、調査対象は性別、年齢、居住地ともにバランスの取れたサンプルとなっており、全国規模での再生プラスチック製品の市場動向を分析するための適切なデータが得られた。

- (5)-2. 防災ボックス（マルチボックス）に対するコンジョイント分析
 コンジョイント分析を実施した結果は以下（表 3.2-11 と図 3.2-8）に示した。

表 3.2-11 コンジョイント分析の結果

コンジョイント分析の結果				
属性	水準	一部分効用値＋		重要度値
色	グリーン	-0.128		27.00%
	グレー	-0.011		
	黒		0.139	
素材	バージン材	-0.031		13.00%
	リサイクル材		0.031	
付加機能	なし	-0.498		35.00%
	キャスター		0.455	
	リュック		0.043	
価格	2700円	-2.475		25.00%
	3500円	-3.208		
	4200円	-3.850		
	100円ごとの効用変化量	0.092		

最も重要度が高かった属性は「付加機能」（重要度 35.00%）であり、特に「キャスター付き」の場合、部分効用値（0.455）が圧倒的に高く、消費者にとって大きな付加価値をもたらしていることが分かった。一方で、「リュック型」の部分効用値は 0.043 と低く、キャスター機能に比べて購買意欲を高める効果は限定的であった。

次に重要度が高かったのは「色」（27.00%）であり、「黒」の部分効用値（0.139）が最も高く、「グレー」（-0.011）、「グリーン」（-0.128）に比べて、より消費者の購買意欲を喚起することが分かった。

価格の重要度は 25.00%と、付加機能や色と比べるとやや低かったが、依然として大きな影響を与える要因であることが分かった。

素材の重要度は 13.00%と他の要素に比べて低かったが、それでも「リサイクル材」（0.031）

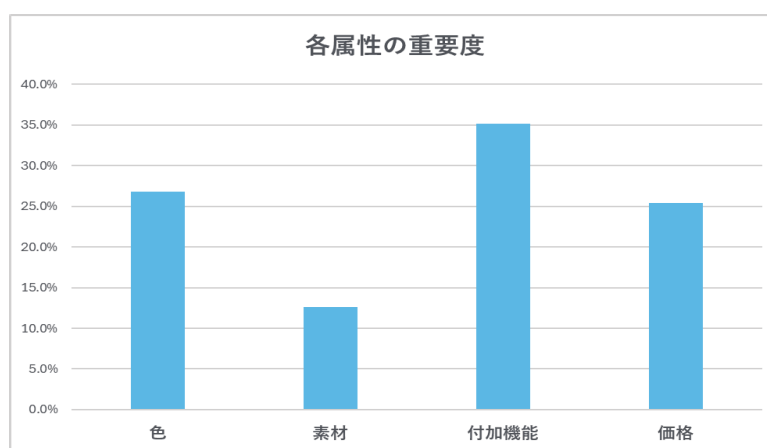


図 3.2-8 各属性の重要度

の方が「バージン材」（-0.031）よりもわずかに高いことが分かった。この結果は、環境意識のある消費者がリサイクル材を好む傾向があることを示しているものの、それ単体では購買意欲を大きく左右する要因にはならないことを意味している。つまり、消費者は防災ボックスを購入する際に「環境に良いかどうか」よりも、「使いやすさ」や「機能性」を優先する傾向があると考えられる。

総じて、防災ボックス（マルチボックス）における無着色（グリーン）のリサイクル品の購買意欲を評価したところ、部分効用値が低いことが明らかになった。つまり、無着色のリサイクル素材のみでは、消費者の購買意欲を大きく引き上げる要因にはなりにくい。しかし、適切な付加機能の追加や色・デザインの工夫によって、1300 円程度の付加価値を生み出し、十分に市場で販売可能であるという示唆が得られた。特に、キャスター付きなどの機能を追加することで、価格上昇の影響を相殺しながら、消費者の購買意欲を引き上げることができる。今後は、これらの戦略を活用し、無着色リサイクル品の市場展開を強化することが求められる。

4. 容リ・製品プラ統合物の改質・コンパウンドによる高品質材料リサイクル

4.1. 容リ・製品プラのコンパウンド・物性評価

(1) リサイクル困難樹脂の保有する課題・解決策・用途展開の整理保有する課題

マテリアルリサイクルには30年以上の歴史がある。それにもかかわらず再使用が進んでいない原因としては、以下の要因があげられる。

- ・ 廃プラ品質のばらつき
廃プラは回収する地域や季節、または回収再生業者の能力により、廃プラの成分や品質がばらつく。
- ・ PP への PE 混在
選別時点で PP と PE を光学分別などの装置を用いることである程度分離する事は可能である。しかし、分離すると PE が売れ残るという回収選別業者側での課題が残るため、PP リッチであっても PE が 10%程度混在状態での使用が必要なのが現状である。
- ・ 基礎物性の不足
容リ／製品プラはホモ PP が多く、容リは押出グレードのため流動性や弾性率が低く、製品プラは雑貨グレードのため弾性率や衝撃強度が低いため、耐久性を求められる製品への再生利用は困難である。

(1)-1. 課題の解決策の手法

- ・ 粘度改良
各々が元々持っていた物性への復元には福岡大学の技術が有効だが、検討中の防災用マルチボックスは射出成形であり、まずは成形性確保のため流動性の改善が必要である。本実証では改質剤により元の MFR 5g/min を 20g/min 以上に改質することを試みた。
また製品としての使用には、圧縮強度、耐衝撃性が欠かせず、バージン材、添加剤等の配合による改善が必要となる。そこで岐阜プラスチック工業株式会社がごみ箱、チェストなどの日用雑貨に通常使用しているバージン材の基礎物性値である、曲げ弾性率：1300MPa、アイゾット衝撃強度 10kJ/m² を目標とする。
- ・ 製品形状について
ターゲットとする製品の形状についても、再生材のばらつきを考慮した設計が必要である。特にゲート形状、肉厚、微細形状や複雑形状の廃止、流動長の長くなる製品形状などは避けるなどが重要となる。また不純物によるガスで金型を腐食させる可能性があるため、メンテナンス性やガス抜き機構、耐食性の付与の考慮が必要となる。

(1)-2. リサイクル樹脂の機能回復と利用用途拡大

容リは元々菓子袋、食品トレイ、包装材などの廃棄物であり、製品プラは文具、玩具、日用品などであったものの廃棄物であるため、一般的に強度や剛性が求められる製品への再製品化は基本的には難しいとされている。さらに再生材には食品接触の課題もあり、一般消費者向けの製品に還元する事はさらにハードルを高める事となる。しかしながら今回の実証でリサイクル樹脂の機能回復に加え、改質を行う事により、耐久性の求められる用途への展開の可能性を検討した。製品ターゲットとしては、防災用マルチボックスとし、また食品接触の可能性の低い石けんケースや小型のコンテナなどにも活用できる可能性が高まると予想し、それらをターゲットに本件等は実施した。

(2) 回収された原料評価

本実証で用いる容器包装リサイクルプラスチック（容リ）の安定的な入手先としては、定常的に容リペレットを生産している株式会社富山環境整備を選定した。また用いる樹脂は、株式会社富山環境整備でPP混合と呼んでいるものであり、以下のような特徴がある。

- ・ 廃棄容器包装プラスチックからポリプロピレン成分を光学選別・比重選別などで抽出し、熔融混練時にレーザーフィルターで異物除去を施したリサイクルペレット
- ・ 容器包装プラスチック由来であるために、粘度が高く射出成形に適さない

また物性の安定化を図る目的のためにこれにコンパウンドする製品プラとしては、大木町の株式会社 YK クリーンで手選別された製品プラを選定した。製品プラは射出成形品が主体であるために粘度が低く、上述した容リとコンパウンドすることにより粘度を低減できる可能性がある。

これらの赤外吸収分析によるペレットならびにキシレン不溶成分の成分分析結果を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 赤外吸収分析によるペレットならびにキシレン不溶成分の成分分析結果

試料	ペレットでの含有物					キシレン不溶物		
	PP	PE	PS	PA	PET	PET	ABS	セルロース
PP混合	検出	検出	検出	検出	検出	検出		
製品プラ	検出	検出					検出	検出

表から PP 混合では、他の樹脂も含まれているものであることが分かる。一方製品プラには若干のポリエチレン（PE）とアクリロニトリル-ブタジエン-スチレン共重合体（ABS）ならびにセルロースが含まれているが、比較的純度が高いと考えられる。

成形実験にはこれらの素材に対し、以下の 2 種類のペレットを作製し検討した。

1. 株式会社 YK クリーンにて回収された製品 P P 及び株式会社富山環境整備様の容器包装リサイクルペレットを、それぞれいその株式会社保有の単軸押出機及び二軸押出機にて加工を行い、成形実験に適用（基礎物性検討では org と記載）
2. 樹脂溜まりが設置された押出機で高性能化を試みた後に成形実験に適用する（基礎物性検討では再ペレと記載）

なお、上記加工前に単軸加工機を用い、製品 P P 及び容器包装リサイクルペレットを単一素材ごとに熔融し、挿入されたメッシュを通過させることで異物の低減を行った。図 4.1-1 には異物除去ならびにペレタイズ加工に用いた単軸押出機とメッシュにトラップされた異物の状況、二軸押出機、樹脂溜まり部が着いた部位、そして力学物性評価に用いた I S O 試験片の写真を示す。



図 4. 1-1 (1) 単軸押出機



図 4. 1-1 (2) メッシュにトラップされた異物



図 4. 1-1 (3) 二軸押出機



図 4.1-1 (4) 樹脂溜まり部が着いた部位

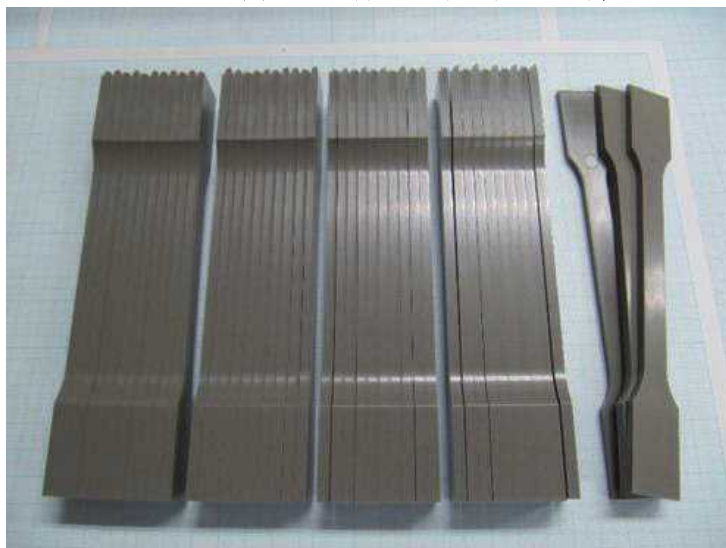


図 4.1-1 (5) 力学物性評価に用いた I S O 試験片

図 4. 1-2 は PP 混合ならびに製品プラが再ペレタイズにより結晶構造に変化が生じたかを DSC で評価した結果である。図からは再ペレタイズ処理などにより融点ならびに結晶化度などが変化していないことが分かる。また両試料ともに、PP 成分が主体ではあるが、若干量の PE が混入していることも明らかとなった。

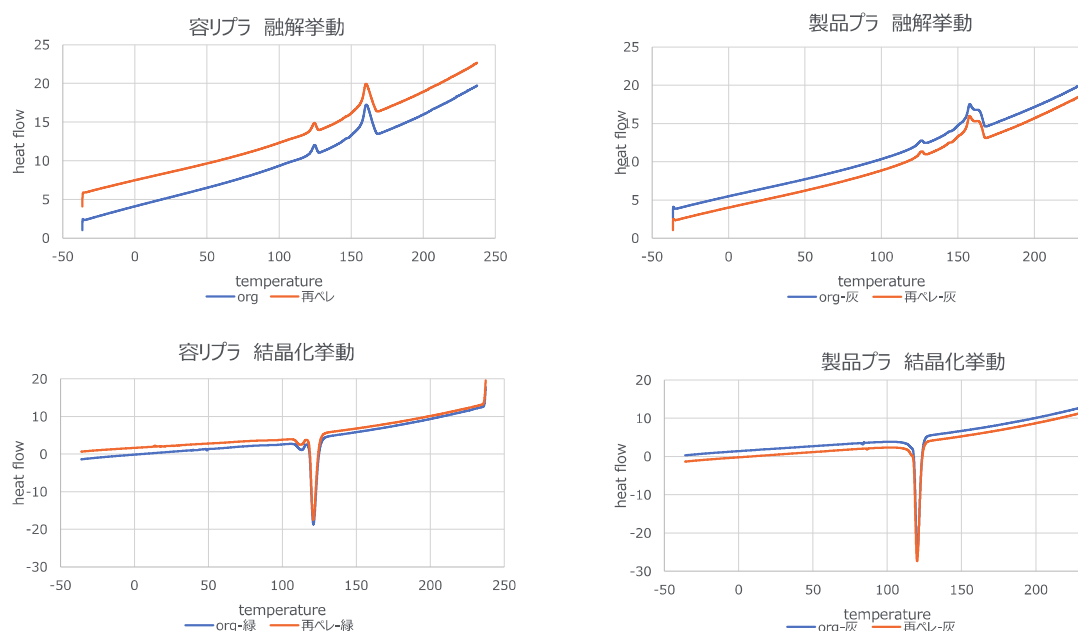


図 4. 1-2 評価に用いた各試料の DSC プロファイル

次に再ペレタイズで改質を行うことによる分子量への影響を評価した結果を表 4. 1-2 に示す。表からは改質のための再ペレタイズを実施しても分子量ならびに分子量分布にはほとんど変化が無いことが分かる。また PP 混合と製品プラの重量平均分子量 (Mw) が大きく異なっていることから、粘度に大きな差があることが予想した。

表 4. 1-2 評価に用いた樹脂の分子量ならびに分子量分布指標

試料	Mn	Mw	Mz	Mw/Mn
PP混合	0.38	2.7	8.7	7.0
PP混合改質	0.37	2.6	8.2	7.0
製品プラ	0.34	1.8	5.7	5.3
製品プラ改質	0.32	1.7	5.2	5.5

単位は全て $\times 10^5$ g/mol

図 4. 1-3 はレオメータを用いて粘度のせん断速度依存性を測定した結果である。図から改質のためのペレタイズを行っても粘度変化はほとんどないこと、一方で PP 混合と製品プラでは粘度が約 10 倍も異なることが明らかとなった。この結果から、射出成形性に大きな差があることが予想した。

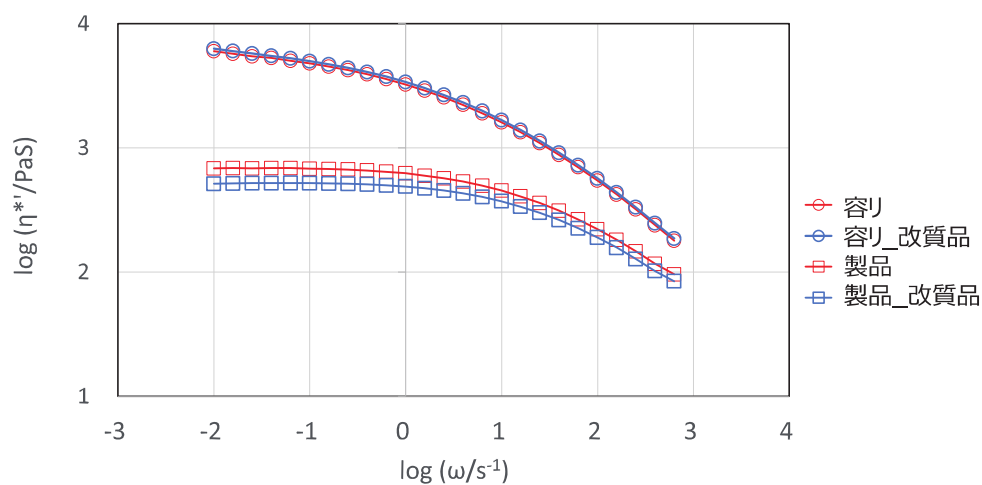


図 4.1-3 各試料の粘度のせん断速度依存性曲線

図 4.1-4 は、製品プラ、製品プラと PP 混合の 5 : 5 コンパウンド品ならびに PP 混合の内部構造を TEM で観察した結果である。図から、すべての試料に PE からなるドメインが存在していることが分かる。しかし製品プラでの PE ドメインの粒径が比較的揃った球状であるのに対し、PP 混合では形状が不規則で細長いことが分かる。これは PP 混合においては容リの回収・選別・ペレタイズ時に意図せず PE 成分が混入したのに対し、製品プラではあらかじめ耐衝撃性などを与えるために PE からなるエラストマー成分を添加した原材料を用いているためであると思われる。コンパウンド品ではそれらが混じった状態になっていることが分かる。

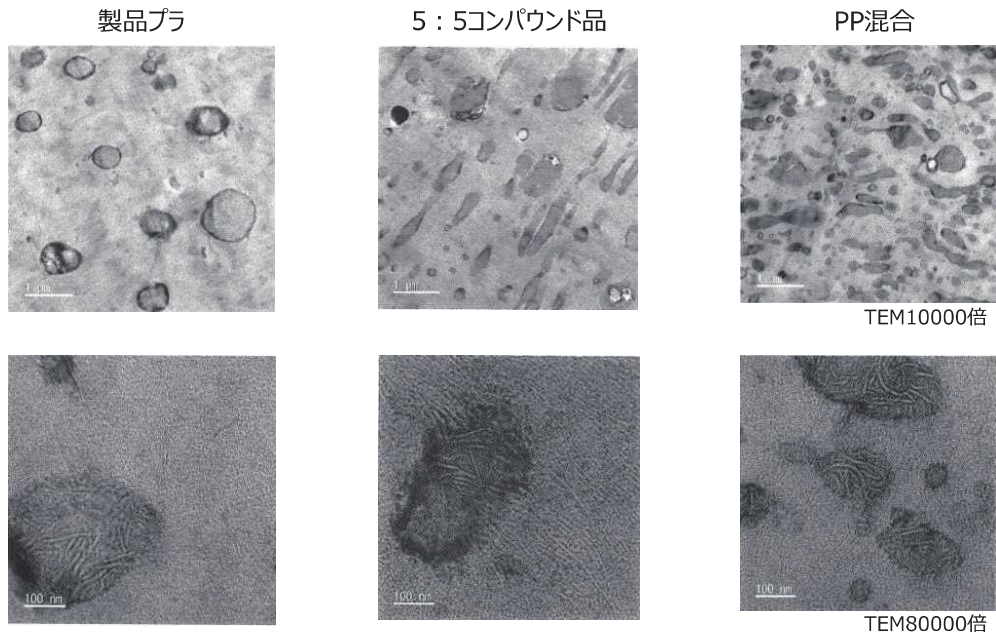


図 4.1-4 各試料の TEM 像

図 4.1-5 は PP 混合の org と改質品ならびに製品プラの org と改質品の UV 劣化試験における耐久性を比較したものである。図から今回いその株式会社で実施した改質プロセスでは耐久性の向上が見られなかったことが分かる。また PP 混合の容リの方が、裂けはじめでは UV に対する耐久性が高いという結果となっている。但し、最終的な完全破断では製品プラの耐久性が若干高いという結果であった。この結果は、PP 混合の容リの耐久性が製品プラと遜色ない程度に高いということを示している。

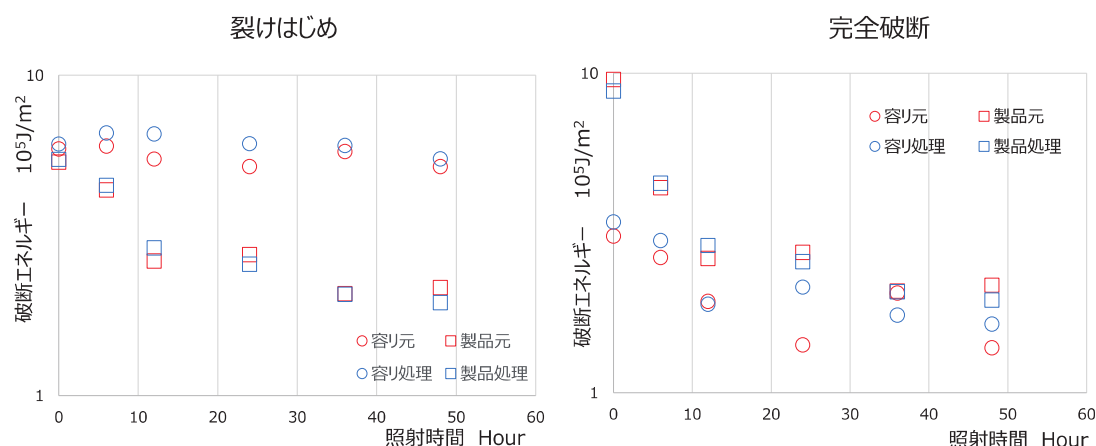


図 4.1-5 各試料の UV 耐久性試験結果

(3) 目標製品への材料検討

外注先である岐阜プラスチック工業株式会社にて、製品「チェスト」の成形を行うために必要な材料配合及びだまりの効果確認を含み成形トライ水準を明確にし、かつ加工条件も考慮した実験計画を立てた。表 4.1-3 は配合比ならびに改質の有無の計画を示したものであり、表 4.1-4 は実施計画を示したものである。表 4.1-5 は、容リ、容リと製品プラの混合品ならびに製品プラについて、それぞれ改質前と改質を試みた後の力学物性をまとめたものである。また岐阜プラスチック工業株式会社が評価した結果といその株式会社で評価した結果を対比して示している。この表からは、射出成形性の指標としてよく用いられるメルトフローレートが容リプラでは 5 程度であり、非常に粘度が高く成形性が悪いことが予測され、製品プラとは大きく異なること、また混合することにより 10 程度となり、ようやく射出成形ができるレベルになることが分かる。また PP 混合では PE の混入により若干弾性率は低下するが、製品物性に悪影響を与えるほどではないことが明らかとなった。その他、ほとんどの物性は岐阜プラスチック工業株式会社といその株式会社での値は一致しているが、引張破壊歪みのみ両者で大きく異なっていることが分かる。この物性は射出成形条件に大きく依存するものであり、岐阜プラスチック工業株式会社の方が試料ごとに差が顕著であることから、これを指標とすると、容リである PP 混合は改質プロセスにより物性値が 2 倍程度向上していること、一方で製品プラでは逆にやや低下しており、素材によって改質プロセスの最適化が必要であることが示されている。

表 4.1-3 配合比ならびに改質の有無の計画

		令和6年度成型トライ水準	令和5年入手		添加剤調整	加工機種類	樹脂だまり	メッシュ	試作数量 (kg)
			容り (%)	製品PP(%)					
成形 トライ 用	㊦	容りプラ:製品プラ=50:50 樹脂だまり無し	50	50	有	2軸	無	無	25
	㊧	容りプラ:製品プラ=80:20 樹脂だまり無し	80	20	有	2軸	無	無	25
物性 確認 用	㊨	容りプラ:製品プラ=50:50 樹脂だまり有り	50	50	有	2軸	有	無	5
	㊩	容りプラ:製品プラ=80:20 樹脂だまり有り	80	20	有	2軸	有	無	5
	㊪	令和6年福大より入手 容り材	100	-	無	2軸	有	不明	5
		令和6年YKより入手 製品PP材	-	100	無	単軸	無	60メッシュ	5

表 4.1-4 実施計画

		使用原料詳細	加工状態詳細	物性確認	
				ISO 全項目 試験	GPC/ 粘弾性 など
成形 トライ 用	㊦	・最終製品に必要な樹脂流動性を確保するために添加剤を添加し流動改質を行います。	・容りプラ：単軸押出機60メッシュ通過品 ・製品プラ：単軸押出機60メッシュ通過品 → 今回の試作：2軸押出機にて【メッシュ無/だまり無】で加工する。	○	○
	㊧	・最終製品に必要な樹脂流動性を確保するために添加剤を添加し流動改質を行います。	・容りプラ：単軸押出機60メッシュ通過品 ・製品プラ：単軸押出機60メッシュ通過品 → 今回の試作：2軸押出機にて【メッシュ無/だまり無】で加工する。	○	○
物性 確認 用	㊨	・最終製品に必要な樹脂流動性を確保するために添加剤を添加し流動改質を行います。	・容りプラ：単軸押出機60メッシュ通過品 ・製品プラ：単軸押出機60メッシュ通過品 → 今回の試作：2軸押出機にて【メッシュ無/だまり有】で加工する。	○	○
	㊩	・最終製品に必要な樹脂流動性を確保するために添加剤を添加し流動改質を行います。	・容りプラ：単軸押出機60メッシュ通過品 ・製品プラ：単軸押出機60メッシュ通過品 → 今回の試作：2軸押出機にて【メッシュ無/だまり有】で加工する。	○	○
	㊪	・令和6年度九州事業所【だまり有】生産品		○	-
		・令和6年度YKクリーン様回収生産品【だまり無】	・稲沢事業所にて単軸押出機60メッシュ【だまり無】で加工したもの	○	-

表 4. 1-5 射出成形試験片の各力学物性

試料	成形収縮率		成形収縮率 (グレインJ)		メルト フロー レート		シャルピー 衝撃強さ 常温		引張 降伏 強さ		引張 破壊 ひずみ		引張 弾性 率		曲げ 強さ		曲げ 弾性率		ロク ウェル 硬さ	荷重たわみ 温度		比重		灰分 率	
	%	%	MD	TD	230℃, 2.16kg		23℃		MPa		%		MPa		MPa		MPa			R	0.45 MPa	1.82 MPa	g/cm3		%
			g/10min		kJ/m2										℃										
容リプラ	2.11	1.5	1.6	5.3	5.18	6.2	6.4	25.3	26.0	48	24	1100	32.6	30.9	1130	1100	86	83	52	0.93	0.93	1.4			
50% : 50%	2.10	1.6	1.7	9.9	12.1	6.4	5.5	25.5	26.7	33	23	1170	34.3	32.9	1170	1170	91	84	53	0.92	0.92	0.9			
製品プラ	2.12	1.6	1.6	32.3	31.4	6.8	6.0	28.2	28.7	71	20	1260	37.6	34.8	1260	1200	96	89	54	0.91	0.91	0.5			
容リプラ改質	2.17	1.6	1.7	5.8	4.9	6.8	5.7	24.4	26.4	84	22	1130	32.3	31.9	1120	1130	86	81	52	0.93	0.93	1.4			
50% : 50%改質	2.14	1.7	1.8	11.7	12.5	6.4	5.3	25.2	26.9	39	21	1180	33.6	32.4	1160	1150	91	84	53	0.92	0.92	0.9			
製品プラ改質	2.15	1.5	1.6	33.5	34.7	6.8	6.0	27.2	29.0	59	22	1320	36.6	35.8	1240	1260	97	89	54	0.91	0.91	0.4			

赤字：岐阜プラ評価、黒字：いその評価

(4) 小型製品金型を用いた試験製品成形の実施

前節で基本的な物性を確認した結果に基づき、小型製品金型を用いて実際に射出成形試験を実施した。図 4. 1-6 はそれぞれの試料を用いて小型小物入れを成形した結果である。



図 4. 1-6 各試料を用いて射出成形された小型製品の外観

全ての試料において良好な成形ができることが確認できた。但し、これは比較的能力の高い射出成形機を用いて小型製品を成形した結果であり、結論としては、容リプラ 100%ならびに容リプラ：製品プラ混合比が 1 : 1 の場合においても能力の高い成形機を用いれば小型の製品は成形が可能。従って、混合比の選定は特に必要はない。ただし、採算性が悪く、製品バリエーションは狭いものとなった。

九州大学が担当しているデザインチームからは比較的大型の金型を用いるマルチボックスが製品化のターゲットとされており、製品プラの混合という手段だけでは対応が難しいという結論となった（4. 製品デザイン検討、で後述）。

(5) 容リプラスチックの高流動性改質

これまでの検討の結果、容リである PP 混合の粘度に対する抜本的な改質が必要であることが明らかとなった。そこで、従来バージン品で適用されてきたことがある低粘度化改質処理を容リに対して適用した。その結果、流動性の指標である MFR を 5.8 g/10min から 22 g/min に大きく改善することができた。通常の射出成形品の MFR は 20~30g/10min であり、この改質により、容リプラをそのまま射出成形に適用できる可能性を見出すことができた。

詳細は 4.3 節に示すが、ここでも簡易的に物性について記載する。

図 4.1-7 は改質前と後での容リ 100%の試料を用いて、大型のチェスト成形を実施した結果である。図から改質前では樹脂粘度が高いために側面まで樹脂を充填することが出来ず、チェスト形状にならなかったのに対し、改質によりチェストが良好に成形できていることが分かる。すなわち、改質容リペレットを用いれば容リ由来 100%でも成形は可能ということが明らかとなった。

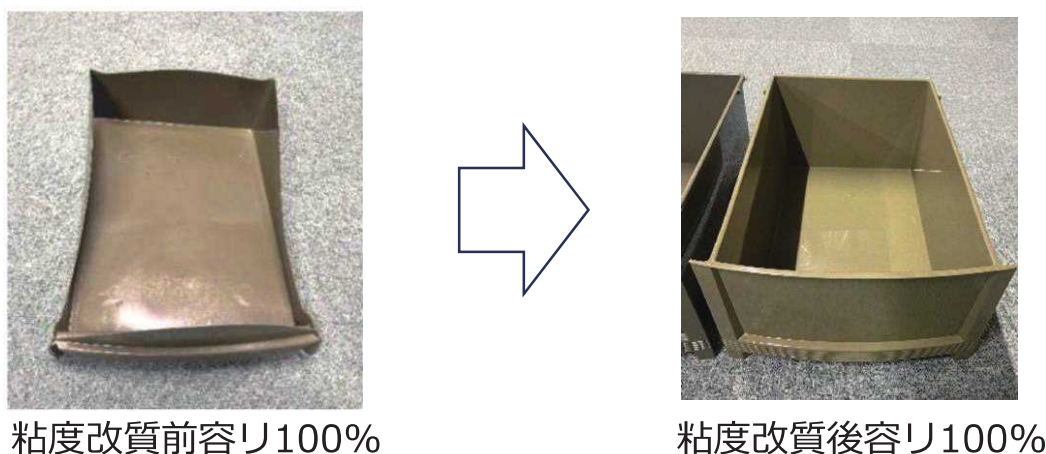


図 4.1-7 粘度改質前後でのチェスト成形の外観

表 4.1-6 は、この側面から試験片を切り出したものの力学物性を、各種バージン品ならびに製品プラを 50%コンパウンドしたものと比較した結果である。表から、容リ 100%でも遜色のない物性を示していることが分かる。

さらに成形品での実用的な物性評価を行った。

表 4.1-6 バージンも含めた各種試料の引張力学物性

試料種	破断伸度 (%)	伸長破壊エネルギー (MJ/m ³)	破断応力 (Mpa)	降伏応力 (Mpa)	ヤング率 (Mpa)
ブロックPP (バージン)	654.6	137.96	23.13	24.78	399.2
ランダムPP (バージン)	1339.4	399.12	42.51	31.08	411.87
容リ/製品プラ=50:50	612.2	121.49	20.87	24.03	320.98
容リ100%	983.2	223.6	28.45	25.39	338.74

表 4.1-7 はコーナー落下試験の結果である。表から容リ 100%でも 1.25mからの落下に耐えていることが分かる。さらに製品プラを 50%コンパウンドした場合、バージン並みの物性を示すことが分かる。

表 4. 1-7 バージンも含めた各種試料のコーナー落下試験結果

試料種	コーナー落下試験（落下高さ）（白化、凹みは○とし、フレ、亀裂を×とする）					
	0.25m	0.50m	0.75m	0.100m	0.125m	0.150m
ブロックPP（バージン）	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
ランダムPP（バージン）	○○○	○○○	○○○	○×ー		
容リ/製品プラ=50:50	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
容リ100%	○○○	○○○	○○○	○○○	○○×	

重り5kgをチェスト引き出しに入れた状態で、任意のコーナーが当たる向きで、種々の高さから落とし、フレ、亀裂が生じなければ3回連続行う。それでもフレ、亀裂が生じなければ、次の高さに変え、同じコーナーで試験を継続する。

表 4. 1-8 は落球試験を実施体結果である。表から容リ 100%でもバージン並みの物性を示すことが分かる。

表 4. 1-8 バージンも含めた各種試料の落球試験結果

試料種	落球試験（落下高さ）（白化、凹みは○とし、フレ、亀裂を×とする）					
	0.25m	0.50m	0.75m	0.100m	0.125m	0.150m
ブロックPP（バージン）	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
ランダムPP（バージン）	○○○	○○○	○×ー			
容リ/製品プラ=50:50	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
容リ100%	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○

1kgの鉄球をチェスト引き出し底面の任意の場所に種々の高さから落とし、フレ、亀裂が生じなければ3回連続行う。それでもフレ、亀裂が生じなければ、次の高さに変え、同じ箇所に当てて試験を継続する。

表 4. 1-9 は圧縮試験の結果である。PE が混入しているために若干柔らかくはなっているが十分に使用に耐えるものと判断できる値であった。

表 4. 1-9 バージンも含めた各種試料の圧縮試験結果

試料種	圧縮試験			
	最大荷重（kN）	率（%）	最大変異量（mm）	率（%）
ブロックPP（バージン）	5.82	94	6.46	106
ランダムPP（バージン）	6.19	100	6.11	100
容リ/製品プラ=50:50	5.81	94	7.2	118
容リ100%	5.29	85	6.99	114

（6） 事業化へ向けての課題と今後の取り組み

今回いその株式会社において樹脂溜まり部のついた押出機などを用いて容リの粘度改質に成功した。さらにこのコンパウンドしたペレットを用いて岐阜プラスチック工業株式会社で成形実験を行った結果、成形性だけでなく物性でも非常に良い物性を示すという成果を得た。この成果は容りを主体とした射出成形による製品化に大きく前進したと考えられる。今後必要な取り組みを下記に整理する。

1. 耐久性・長寿命性の確認

消費者調査から、耐久性・長寿命性に対する要求ニーズが高いことが判明している。成形法

ならびにペレタイズ時の物性改質と大きな関係があるため、以下に示す取り組みの実施時に併せて評価を行う。

2. 粘度低減改質を実施した容リプラの物性改質と量産化の検討

表 4.1-10 は岐阜プラスチック工業株式会社での物性評価結果を受けて、福岡大学において樹脂溜まり部付きの押出機での再ペレタイズを実施した試験片での物性評価結果である。表から現行品はさらに樹脂溜まり部を設置した押出機を用いることでさらに物性を高度化できる可能性が見いだされている。試作条件を元に、物性の高度化プロセス条件の洗い出しを行い、さらに量産化検討を実施する。

表 4.1-10 樹脂溜まり部付き押出機を用いた物性改良検討結果

試料	破断伸び[%]		伸長破壊エネルギー [MJ/m ³]	
	現行品	物性改良試作品	現行品	物性改良試作品
容リ/製品プラ=50:50	22	59	3.6	9.3
容リ100%	16	25	2.2	3.8

3. 改質・高度化容リプラの物性安定性の確認とばらつきを抑えるための方策の検討

容リプラ特有の物性のばらつきが改質・高度化でどの程度になるかの評価を行うとともに、製品プラの添加による物性安定化のための施策を検討する。

4. 多種多様な射出成形品へ適用性の拡大

消費者に受け入れられるデザインの自由度を担保できる、適用性の拡大に取り組む

5. CAE による金型設計

速やかな事業化を達成するため、CAE を用いた製品金型の設計を行う

低粘度化された改質容リプラは射出成形に十分適用が可能であり、また製品物性もバージン並みであった。そのために、今後この種の改質容リプラを成形メーカー側で受け入れることは十分可能である。但し、製品生産のための工業素材としては、①低粘度化した流動性の安定性（MFR が± 2 程度）、②物性の安定性（比較バージン 80%程度）、③異物量のさらなる低減化（60 メッシュ以上のフィルターでの除去）、④臭いの低減（ペレット段階で異臭の無いこと）、などの課題がある。①に関しては、比較高粘度、低粘度のバージンあるいは製品プラなどをコンパウンドすることで調製が可能と考えられる。②に関しては、樹脂溜まり部の設置された押出機などを用いた高度化が有効と考えられる。③ならびに④に関しても、②同様にペレタイズ時のプロセス最適化により解決可能と考えられる。

(7) 改質された高度化容リプラの物性安定化の方策について

受け入れ側の観点から定量的に必要な品質についてまとめる。

1. 素材の改質

容リプラの物性安定化の方策については前工程である素材改質段階での処方が最も重要となり、その代表的な処方を以下に記載する。

- ・ プラ素材そのものやインキ、食物残渣などに含まれるガスの除去
- ・ 金属片、木片、異素材プラ、微小重金属類、ハロゲン物質などの不純物の除去
- ・ 元の素材がフィルム・押出グレードが多く MFR が低いことから、射出成形可能な MFR 値である 10g/min 以上に高めること
- ・ 一般的なハードプラ製品で必要となる物性値である、曲げ弾性率 1, 200MPa 以上、アイゾット衝撃値 7kJ/m²以上を確保

2. 受け入れ側での対応（成形安定性の確保）

これを行ったうえでの、受け入れ側では材料のばらつきを考慮し以下の対応を行う事が肝要である。

- ・ 複雑な製品設計、複雑な金型・ゲート設計の回避
- ・ 十分な肉厚での設計
- ・ ガスベント装置、ガス抜き入れ子等の設置
- ・ 金型の防錆対策（メッキ、コーティング等）
- ・ ショットカOUNTERの設置と定期的な成形機・金型のメンテナンス

3. 最終製品の性能確認

最終的にはできた製品が十分な性能を有しているか、以下の品質試験にて確認する。

- ・ 寸法、質量
- ・ 落下、落球試験
- ・ 圧縮試験
- ・ 不純物の溶出確認
- ・ その他 製品の要求特性に応じた試験

以上の通り、受け入れ側の観点から必要な品質を確保するため定量的に材料の物性を管理するとともに、PCR を安定的に使用できる製品設計、金型設計と、製品特性に応じた機能性試験等を実施し、安定的な生産につなげる事が重要である。

4.2. 造粒・物性評価（多回リサイクル検証）

(1) 複数回試験の取り組み

今回粘度改質を実施し試験成形された製品は試験的な施策であったため、粉碎・再造粒を行うには量的な課題があった。そのため再造粒試験を繰り返すことで、リサイクル性の確認を実施することとした。これは、製品PP及び容器包装リサイクルペレットについて、循環資源材料としての評価を実施し、製品が循環されることを想定とした試験である。

実験内容は、いその株式会社保有単軸押出機での4回繰り返し加工及び福大保有2軸押出機を用いだまりの有無により物性の変化を確認するものであり、内容を表4.2-1に示す。この繰り返しの実験には、酸化防止剤を加工前に添加し化学劣化を抑制し、物理劣化の確認を行う。

2024 年 12 月 11 日 いその株式会社

実験内容：「再リサイクル性の評価も含め、このルーチンを複数回実施する」に対する進め方案

株式会社富山環境整備製 容器包装材 複数回試験内容

使用原料： 2024 年 11 月 29 日入荷品 100%

表 4.2-1 株式会社富山環境整備製 容器包装材 複数回試験内容

材料基本情報の必要性：○

	加工機	いその単軸押出機（50mm）					福大2軸押出機（26mm）		1件当たり の必要数 量(kg)
	だまりの有無	だまり無					だまり無	だまり有	
	試験項目	リファレンス	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	5回目	
サンプル 位置	分子量	○	○		○		○	○	
	分子量分布	○	○		○		○	○	
	融点	○	○		○		○	○	
	粘弾性	○	○		○		○	○	
	長期耐久性	○	○		○		○	○	
	いその一般試験	○	○		○		○	○	6kg

4.3. 成形加工

(1) 改質後容リ材の製品成形評価

(1)-1. 成形加工性

福岡大学技術による物性復元、いその株式会社技術による流動性等の物性改質を経た材料を用いて、比較的大型のチェスト引き出しでの成形性および成形品としての物性評価を実施した。改良の結果 MFR が改質前：5.8g/10min→改質後：22g/10min となり、改質前に成形ができなかったものが成形可能となった（図 4.3-1）。

図 4.3-1 熔融粘度改質前後における成形品の状態



(1)-2. 成形品の物性評価

シャルピー諸激強度は 4.8kJ/m² と高くはないものの、曲げ弾性率の低さからチェスト形状では柔軟性が勝り、バージンのランダム PP（通常チェスト引き出しに使用している材料）以上の落下衝撃強度が得られた（表 4.3-1、図 4.3-2、表 4.3-2、図 4.3-3）。ただし前記曲げ弾性率は 1040MPa と射出成形品としては非常に低く、圧縮試験においてはバージンに対し 85%の耐荷重となった（表 4.3-3、図 4.3-4）。

表 4.3-1 製品評価 コーナー落下試験結果

■チェスト引き出し コーナー落下試験

《試験方法》

重り5kgをチェスト引き出しに入れた状態で、任意のコーナーが当たる向きで、任意の高さから落とし、ワレ、亀裂が生じなければ3回継続。それでもワレ、亀裂が生じなければ、次の高さに変えて、同じコーナーが当たるように試験を継続。

No.	材料名	N数	コーナー落下試験（落下高さ）					
			(0.25m)	(0.50m)	(0.75m)	(1.0m)	(1.25m)	(1.50m)
①	ブロックPP（バージン）	N=1	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
②	ランダムPP（バージン）	N=1	○○○	○○○	○○○	x--	---	---
		N=2	○○○	○○○	○○○	○x-	---	---
		N=3	○○○	○○○	○x-	---	---	---
③	容リ/製品ブラ=50:50	N=1	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	x--	---
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
④	容リ100%	N=1	○○○	○○○	○○○	○○○	○○x	---
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	○x-	---
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○x	---

※白化、凹みは○とし、ワレ、亀裂をxとする。



図 4. 3-2 コーナー落下試験の状況

表 4. 3-2 製品評価 落球試験結果

■チェスト引出し 落球試験

《試験方法》

1kgの鉄球をチェスト引出し底面のに任意の箇所にあたるように、任意の高さから落とし、ワレ、亀裂が生じなければ3回継続。それでもワレ、亀裂が生じなければ、次の高さに変えて、同じ箇所が当たるように試験を継続。

No.	材料名	N数	落球試験（落下高さ）					
			(0.25m)	(0.50m)	(0.75m)	(1.0m)	(1.25m)	(1.50m)
①	ブロックPP（バージン）	N=1	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
②	ランダムPP（バージン）	N=1	○○○	○○○	x--	---	---	---
		N=2	○○○	○○○	○x-	---	---	---
		N=3	○○○	○○○	○x-	---	---	---
③	容リ/製品プラ=50:50	N=1	○○○	○○○	○○○	○○x	---	---
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
④	容リ100%	N=1	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=2	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○
		N=3	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○	○x-

※白化、凹みは○とし、ワレ、亀裂を×とする。



図 4. 3-3 落球試験の状況

表 4.3-3 製品評価 圧縮試験結果

■チェスト引出し 圧縮試験

《試験方法》

チェスト引出しに対して、平面圧縮荷重を与え、最大荷重及びその時の変位量を計測する。

No.	材料名	N数	圧縮試験					
			最大荷重(kN)		率	最大変位量(mm)		
			実測値	AVG		実測値	AVG	率
①	ブロックPP (バーজন)	N=1	5.64	5.82	94%	6.65	6.46	106%
		N=2	5.90			6.26		
		N=3	5.92			6.46		
②	ランダムPP (バーজন)	N=1	6.40	6.19	100%	6.45	6.11	100%
		N=2	6.14			5.81		
		N=3	6.03			6.08		
③	容リ/製品プラ=50:50	N=1	5.77	5.81	94%	7.20	7.20	118%
		N=2	5.86			7.33		
		N=3	5.79			7.08		
④	容リ100%	N=1	5.27	5.29	85%	7.00	6.99	114%
		N=2	5.33			7.00		
		N=3	5.26			6.98		



図 4.3-4 圧縮試験の状況