

2025 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る助成事業
(自動車再生樹脂グレードの開発および
リサイクルシステム構築実証)

報告書(公開版)

2026 年 5 月 14 日

資源循環システムズ株式会社
大栄環境株式会社
株式会社八木熊
学校法人福岡大学
株式会社ニフコ
BIPROGY 株式会社

担当者連絡先

担当者名：瀧屋 直樹
部門：資源循環システムズ株式会社 取締役
電話番号：070-4013-5699
メールアドレス：n.takiya@trace-recycle.or.jp

はじめに

本事業は、2025年度から3年間実施することを予定しており、「PCR材15wt%以上配合した再生樹脂の自動車部品適用と量産体制の構築」を目標と設定し、代表実施者である資源循環システムズの統括の下、大栄環境、八木熊・福岡大学、ニフコ、BIPROGYが4つの重点課題(a)～(d)それぞれに取り組む事業である。課題(a)は、廃棄物処理業者である大栄環境グループが担当であり、「量の確保」として再生樹脂の収集と選別方法の確立を目指す。課題(b)は、プラスチックのコンパウンド技術を有する八木熊と再生樹脂の物理劣化回復技術を有する福岡大学が担当であり、「品質の確保」として再生樹脂の高度改質技術と品質保証方法の確立を図る。課題(c)は、自動車部品メーカーのニフコが担当であり、「部品適用」として部品別の再生樹脂混合比率の明確化を図る。課題(d)は、IT企業であるBIPROGYが担当し、「スケールアウト」として、供給プロセスの効率化と品質管理を支えるデジタルインフラの構築を目指す。

本報告書では、下図に示す2025年度の実施事項をまとめた。主要な実施事項についてスケジュール通りの成果を得ることができ、課題(b)の一部(物理劣化回復技術のメカニズム解明)は次年度も継続して取り組むこととなった。

フェーズ	課題(a): 大栄環境 収集・選別	課題(b): 八木熊・福大 改質・品質保証	課題(c): ニフコ 部品適用	課題(d): BIPROGY デジタルインフラ
達成事項	PP/PPリッチ12品目を選定 光学選別で PP純度88% 達成 アルミ蒸着物の残存量(4~7%) と除去限界を把握	プラタンを最優先素材に選定 添加剤等で JAMA衝撃値目標 を達成 RoHS指令10物質クリア確認	小型部品でJAMA物性に一部 未達の再生材を配合した 混合 材で製品スペックを達成 振動・耐薬品等の 全機能評価 をクリア 製品を中物に拡大して汎用性を 確認するための部品を選定	トレサビを計画通り実装(8画面) 配合シミュレータの基盤構築
課題	アルミ完全除去には 比重選別等 が必須 手選別は単価2,600円/kgとな り採算割れ 現場での一括排出が慣行化	ロット間での物性ばらつき大 MFR(流動性)未達 、中大型展 開に必須 シャルピー衝撃値と曲げ強度のト レードオフ	MFR未達 による中型部品以上 への影響度が不明 PCR材のロットばらつきへの許容 範囲 未設定 将来的な耐候処方必要性	現場での UI/UX評価が未実 施 MFR予測未対応 (流動性検証 不可) シミュレータ学習データが一定条 件で 未整備
次年度 実施 事項	建設系プラの規模拡大 比重選別等の効果検証 現行施設と量産新規施設のギャ ップ分析	より多種多様な条件 の材料作 成・物性測定 MFR改善 の処方探索 容器包装プラ の検証 樹脂だまり装置による劣化回復 の継続検証	小型部品の PCR配合率上限 見極め MFRの影響を 中型部品 で検証	ユーザー評価と CoC対応機能 (CFP等)の追加 サンプルデータの拡充 MFR予測モデルの実装 ・拡張 成形条件 のシミュレータ検討

目次

1. 助成事業の計画	1
1.1. 自動車リサイクル業界における本事業の位置づけ・背景.....	1
1.2. 事業の実施内容	1
2. 助成事業の報告	6
2.1. 助成事業実施結果.....	6
2.2. 実施結果を踏まえた考察.....	52
3. 今後の実証事業実施における課題および解決方法	55
3.1. 現状の課題	55
3.2. 課題の解決方法	57
3.3. 次年度以降の助成事業展開	59
4. 事業化の計画	67
4.1. 想定する事業	67
5. 事業の評価	69
5.1. 採算性の評価	69
5.2. 有効性の評価	70

1. 助成事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における本事業の位置づけ・背景

一般社団法人日本自動車工業会（JAMA）が公表した「2050年長期ビジョンと中長期ロードマップ」のなかで、2035年までに再生材の利用率を15%以上にするという目標が示されている。また、環境省が2024年11月に実施した「自動車向け再生プラスチック市場構築のための産官学コンソーシアム」では、EU ELV規則案をベースにした場合の必要な再生プラスチック量は、自動車由来では約6.3万t、自動車由来以外では約18.7万tと示しており、自動車製造に活用可能な廃プラスチックの量の確保が求められている。こうしたなか、量産型の自動車製造をするうえで、製品製造工程で発生するPost Industrial Recycled (PIR)系の廃プラスチックのみでは量を確保することが難しいため、市場で使用済みとなったPost Consumer Recycled (PCR)系の廃プラスチックの活用が必須である。しかし、PCR系の廃プラスチック（以下、PCR材）はバージン材と比較して品質のバラつきが大きく、品質保証体制や販売当初は規制されていなかったが現時点では規制対象となっている規制化学物質が入っていないことを証明するための体制が整っていない。また、PCR材の供給量を増加させるためには、自動車部品へ適用できるPCR材の特定と安定した物性を持ち、部品要件を満たす再生樹脂グレードの開発を実施して、自動車リサイクル業界全体で標準化していく必要がある。そこで、本事業では、廃棄物処理業者（大栄環境グループ）、プラスチックのコンパウンダー（八木熊）、研究機関（福岡大学）、自動車部品メーカー（ニフコ）、IT企業（BIPROGY）が連携し、PCR材を用いた自動車部品の製造に向けたサプライチェーンを確立し、上記の課題解決に取り組む。そして、自動車由来と自動車以外由来の混合のPCR材用いた自動車向けの再生樹脂製造に向けたモデル事業として位置づけ、再生材利用率の向上を図ることが目的である。

1.2. 事業の実施内容

1.2.1. 事業計画概要

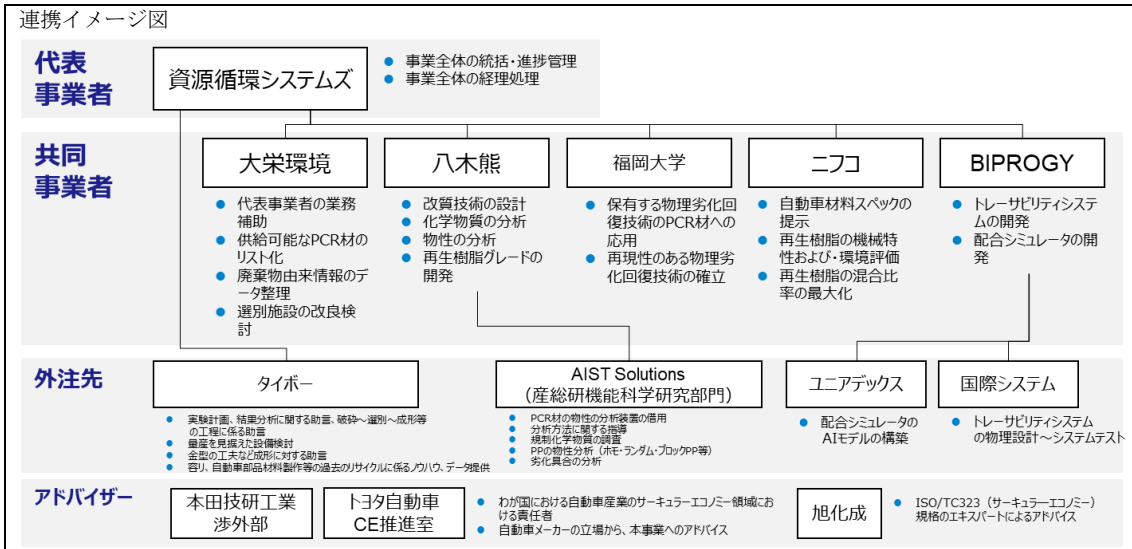
本事業は、3年間行うことを予定している。3年目の目標として「自動車由来を含むPCR材を15wt%以上配合した再生樹脂で自動車部品の適用を確認し、量産に向けてPCR材の効率的な収集と再生樹脂の量産体制の目途が立った状態の実現」を掲げ、3年間で、「(a)PCR材の自動車等への用途別分類方法と効率的な収集・選別方法の確立」、「(b)多用途展開を目的としたPCR材の高度改質技術と品質保証方法の確立」、「(c)再生樹脂を使いこなす自動車部品別の再生樹脂混合比率の明確化」、「(d)再生樹脂の供給プロセスの効率化および品質管理を支えるデジタルインフラの整備」を重要課題と設定した。JAMAの再生材利用率の目標値である15%を参照し、本事業では重量割合ベースでPCR材を15wt%以上配合した再生樹脂を自動車部品へ適用することを定量的な目標として掲げた。また、2025年3月時点のEU ELV規則案では、再生材利用率のうち25%を自動車由来の再生材とすることが設定されていたことを鑑み、15wt%のうちの3.75wt%を自動車由来、11.25wt%を自動車以外由来のPCR材として配合することを目標とした。本数値目標は、EU ELV規則案の動向に基づいて柔軟に変更する予定である。本年度の実施事項bにおいては、PCR材を25wt%配合した再生樹脂の試作検討を実施した。

これらの重要課題を達成すべく各社で役割分担し、連携する。課題 (a) は、3 年を通じて自動車由来プラスチック、容器包装プラスチック、製品プラスチック、建設系プラスチック等の PCR 材のサンプル収集を実施し、1 年目に PCR 材の品目ごとに機械物性の計測や成分分析等を実施することで、劣化度合いや規制化学物質の有無を確認する。また、量を確保するための効率的な収集・選別方法を検討し、3 年日以降に専用工場の新設（本公募外）を目指す。課題 (b) は課題 (a) と連携し、3 年間を通じて、物理劣化回復技術と添加剤や強化剤を用いた応用的な改質技術を開発し、コンパウンドすることで用途別に適した物性を有する再生樹脂グレードの開発を行う。課題 (c) は自動車部品別に自動車由来および自動車以外由来の再生樹脂とバージン材のさまざまな混合比率を試すことで、再生樹脂割合の最大化を図る。課題 (d) は課題 (a) ～(c) で得られたデータで改質および混合比率を最適化する配合シミュレータを開発し、効率化を図る。また、トレーサビリティシステムを開発し、品質の透明性を確保する。

以上により、現時点で供給目途が立っていない自動車向け再生樹脂量産体制の構築を図る。

1.2.2. 事業の実施体制

法人名	事業者の位置づけ	当事業における役割（担当する重要課題/具体的役割）	
(A) 資源循環システムズ(株)	代表事業者	事業全体の進捗管理	
(B) 大栄環境(株)	共同事業者	重要課題 (a)	PCR 材の収集、選別方法の検討、資源循環システムズの業務補助
(C) (株)八木熊	共同事業者	重要課題 (b)	PCR 材の分析、コンパウンド
(D) 学校法人福岡大学	共同事業者	重要課題 (b)	物理劣化回復技術の PCR 材への応用
(E) (株)ニフコ	共同事業者	重要課題 (c)	再生樹脂の混合比率の最大化
(F) BIPROGY(株)	共同事業者	重要課題 (d)	トレーサビリティシステム、配合シミュレータの開発
(G) (株)AIST Solutions	外注先	重要課題 (b) (2025 年度)	機能化学研究部門による再生材のグレーディングに関する技術コンサルティング・設備の借用
(H) ユニアデックス(株)	外注先	重要課題 (d)	配合シミュレータの AI モデル構築
(I) (株)国際システム	外注先	重要課題 (d)	トレーサビリティシステムの物理設計～システムテスト
(J) (株)タイボー	外注先	<ul style="list-style-type: none"> ・実験計画や結果分析に関する助言 ・破碎～成形までの各工程に係る助言、量産を見据えた設備検討等 	
(K) 本田技研工業(株)	アドバイザー	自動車メーカーの立場から、本事業へのアドバイス	
(L) トヨタ自動車(株)	アドバイザー		
(M) 旭化成(株)	アドバイザー	ISO/TC323(サーキュラーエコノミー)規格のエキスパートによるアドバイス	



1.2.3. 事業の実施スケジュール

2025年4月時点での3年間の実施フローを図1から図3に示す。実施事項と期間を表1に示す。関係者会議の実施スケジュールを表2に示す。

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事業全体の進捗管理	事業運営に関わる情報共有作業および報告書作成に関するデータ整理											報告書作成
a-① PCR材のサンプル収集および廃棄物由来情報の整理	①-1: 供給可能な廃プラスチックの組成調査	①-2: 容積包装系プラの各品目のサンプル収集	①-3: 建設系プラの各品目のサンプル収集	①-4: 自動車由来プラのサンプル収集	①-5: 製品プラの各品目のサンプル収集	①-6: 特に回収量が多いPCR材のサンプル収集						
a-② 量産に向けた収集・選別方法の検討	②-1: 量産に向けたPCR材の効率的な収集・選別方法の検討											
b-① 各品目のPCR材の規制化学物質・物性分析	①-1: 使用する分析機器の検討	①-2: パージン材での分析	①-3: PCR材の各品目の基礎的な物性の把握	①-4: PCR材の規制化学物質のスクリーニング	①-5: PCR材のサンプル品の物性分析	①-6: PCR材の量産に向けた物性分析方法の検討	①-7: PCR材の分析結果を踏まえたディスカッション			①-8: 分析結果のデータ整理		
b-② 自動車部品用の再生樹脂製造に向けた検討	②-1: 高品質な再生ペレット製造に向けた基本方針の検討			②-2: 自動車部品用の再生樹脂製造に向けた再生ペレットの造粒条件と設備の設計								
c-① 再生樹脂の混合比率の評価				①-1: 高品質な再生ペレット製造に向けた検討支援	①-2: 現行採用材に再生樹脂を混合した場合の品質評価							
d-① トレーサビリティシステムの開発	①-1: 要件定義	①-2: セキュリティチェック		①-3: Agile開発(1st Spr.)	①-4: Azure構築	①-5: Agile開発(2nd Spr.)	①-6: Agile開発(3rd Spr.)					①-7: 翌年の開発計画作成
d-② 配合シミュレータの構築方針の検討	②-1: 改質に関する変数の調査		②-2: 改質に関する定量的なデータの整理									②-3: AIモデルの検討

図1 1年目(2025年度)の実施フロー

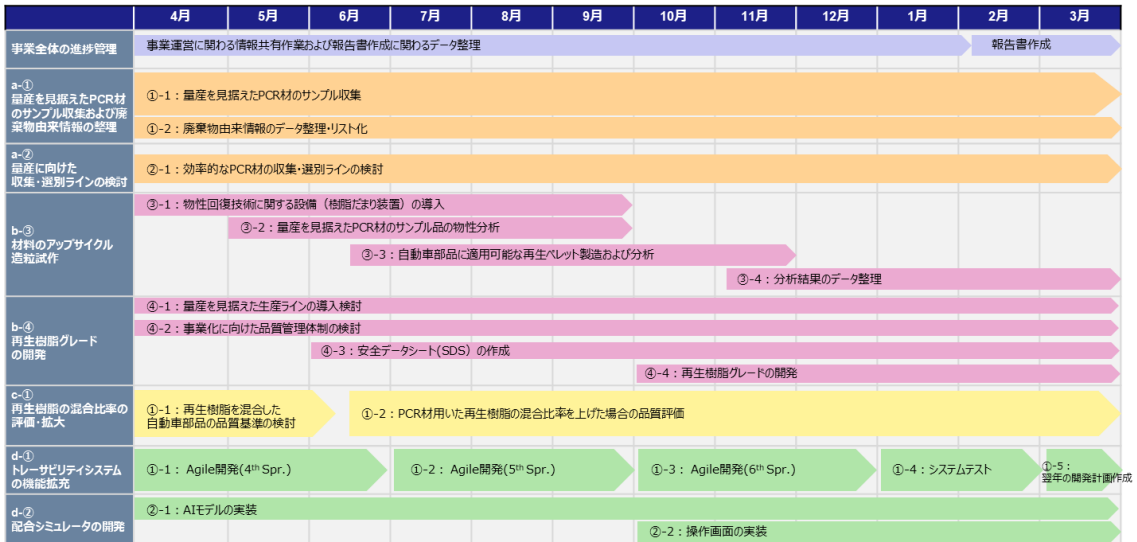


図 2 2 年目（2026 年度）の実施フロー

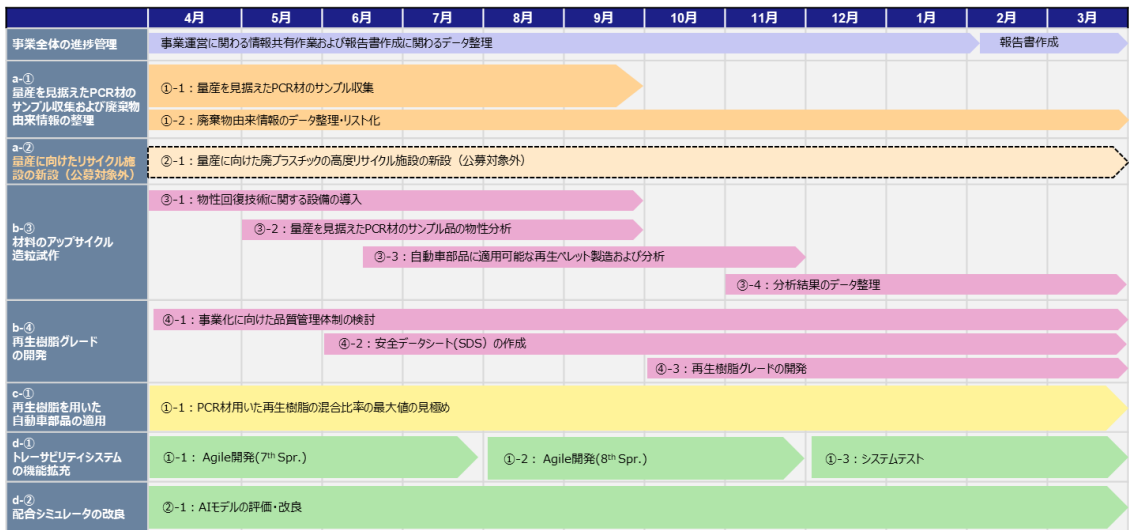


図 3 3 年目（2027 年度）の実施フロー

表 1 実施事項と期間

実施事項	実施内容/目標	実施期間
事業全体の進捗管理	■内容：各社の業務を代表実施者として網羅的に把握し、各年の目標達成に向けて共同実施者の業務の進捗管理を行う。また、量産に係る事業計画を検討する。	2025 年 4 月 ～2028 年 3 月
a-①（量産を見据えた PCR 材のサンプル収集および廃棄物由来情報の整理）	■内容：大衆環境が供給可能な PCR 材の組成調査を行い、自動車由来および自動車以外由来の PCR 材のサンプルを分別収集するとともに、廃棄物由来情報の把握方法を検討する。 ■目標：10 品目以上の PCR 材の分別と分析に必要な量を確保する。廃棄物由来情報の把握方法を確立する。	2025 年 4 月 ～2028 年 3 月
a-②量産に向けた収集・選別方法の検討	■内容：量産を見据え、とくに回収量が多い PCR 材のサンプル収集を行うとともに、効率的な収集・選別方法を検討する。 ■目標：量産を見据えた 3 品目の PCR 材を対象に、材料開発に必要な量として、品目ごとに約 200kg/Y サンプル収集する。量産を見据えた効率的な収集・選別方法を確立する。	2025 年 4 月 ～2027 年 3 月

b-①各品目のPCR材の規制化学物質・物性分析	<p>■内容：産業技術総合研究所（産総研）が保有する分析機器やノウハウを活用し、PCR材の規制化学物質のスクリーニングや物性の分析を行う。また、産総研で得られたデータと相関性のある量産的な分析手法を検討する。</p> <p>■目標：10品目以上のPCR材の品目ごとの規制化学物質含有量や物性を把握する。量産を見据えた規制化学物質や物性分析手法を確立する。</p>	2025年4月～2026年3月
b-②自動車部品用の再生樹脂製造に向けた検討	<p>■内容：福岡大学でのPCR材への物理劣化回復技術の検証を進める。また、PCR材の物性分析結果を基に、自動車部品に適用した再生樹脂の造粒条件・設備の設計および製造・分析を行う。</p> <p>■目標：2年目に導入予定の樹脂だまり装置の検証を行い、引張やシャルピー（耐衝撃性）等の性能が向上することを明らかにする。また物理劣化回復技術のメカニズムを解明し、再現性のある技術を確立する。1種類以上の自動車部品に適用可能な再生樹脂の製造を行う。</p>	2025年4月～2026年3月
b-③材料のアップサイクル造粒試作	<p>■内容：物理劣化回復技術に関する設備の導入と量産を見据えたPCR材を活用した自動車部品に適用可能な再生樹脂の製造と分析を行う。</p> <p>■目標：量の確保が容易なPCR材を用いて自動車由来3.75wt%、自動車以外由来11.25wt%以上配合した自動車部品の採用基準を満たした再生樹脂を製造する。</p>	2026年4月～2028年3月
b-④再生樹脂グレードの開発	<p>■内容：量産を見据えた生産ラインの導入検討を行うとともに、事業化に向けた品質管理体制の検討と安全データシート（SDS）を作成し、再生樹脂グレードを開発する。</p> <p>■目標：量産を見据えた生産ラインを確立する。自動車部品への採用基準を満たした再生樹脂グレードを開発する。</p>	2026年4月～2028年3月
c-①再生材を用いた自動車部品製造/製品設計・評価/拡充	<p>■内容：八木熊とニフコが協業し、自動車部品別に自動車由来および自動車以外由来の再生樹脂とバージン材のさまざまな混合比率を試す。</p> <p>■目標：再生樹脂の混合比率を15wt%以上にしたうえで、段階的に再生樹脂の混合比率の最大化を見極める。</p>	2025年6月～2028年3月
d-①トレーサビリティシステムの開発/機能拡充	<p>■内容：PCR材の廃棄物由来情報、規制化学物質含有量、物性状態および再生ペレット配合比率等の情報がまとめられたトレーサビリティシステムのアジャイル開発を1stスプリント（1st Spr.）から8thスプリント（8th Spr.）に分けて実施する。</p> <p>■目標：再生樹脂の特性や供給状況を一元管理し、効率化するためのトレーサビリティシステムを構築する。</p>	2025年4月～2028年3月
d-②配合シミュレータの構築指針の検討/配合シミュレータの開発/改良	<p>■内容：要件定義、定量的なデータの整理、AIモデルの検討、AIモデルの実装・評価・改良を実施することで、自動車部品に適用可能な再生樹脂の製造時において、各原料の配合比率等のレシピを算出可能なシミュレーションソフトウェアを開発する。</p> <p>■目標：品質の均一化と開発期間の短縮が可能となる汎用的なシミュレーションソフトウェアを開発する。1年目に、特定条件のもと正解率が80%以上のレシピを算出可能とする。3年目に最適な再生樹脂の配合比率等の正解率が約80%以上のレシピを算出可能とする。</p>	2025年4月～2028年3月

表 2 関係者会議の実施スケジュール

項目	実施目的	実施時期	出席者
事業全体の進捗管理	進捗管理、課題管理等をするための定期ミーティング(Web会議を併用して実施)	隔週1回(3年間)	代表事業者、共同実施者、外注先等
アドバイザー会議	事業の方向性に関する助言を得る	半期1回(3年間)	代表実施者、共同実施者、アドバイザー
実施事項 b-①～④	再生樹脂の現物確認および会議	半期1回(3年間)	代表実施者、共同実施者

2. 助成事業の報告

2.1. 助成事業実施結果

2.1.1. a-①「PCR 材のサンプル収集および廃棄物由来情報の整理」の実施結果

(1) 本事業で対象とする PCR 材の PP 賦存量

本事業で対象とする PCR 材は、量産を見据えるうえで、日本における廃プラスチックの総排出量が多く、大栄環境グループでの取扱量も多いものから選定することが重要である。そこで、図 4 に示した日本における廃プラスチック総排出量^{*1}のうち、1 位、3 位、4 位の順で排出量が多い「包装・容器等/コンテナ類（以下、容器包装プラスチック）」、「家庭用品/衣類履/家具/玩具類等（以下、製品プラスチック）」、「建材（以下、建設系プラスチック）」を対象 PCR 材とした。また、本事業は、自動車再生樹脂グレードの開発を目標に掲げているため、まずは材質がポリプロピレン（PP）の PCR 材を主なターゲットとした。

本事業の量産化および社会全体への波及効果を検討するために、日本全体の PP 賦存量に対する本事業で取扱い可能な PP 賦存量の割合を算出した。日本全体における容器包装プラスチック・製品プラスチック・建設系プラスチックの PP 賦存量を算出した結果を図 5 に示す。文献を基に、図 4 に示した容器包装プラスチックのうち 23%^{*2}、製品プラスチックのうち 55%^{*3}、建設系プラスチックのうち 7.6%^{*4}が PP で構成されていると仮定して図 5 を算出した。さらに、大栄環境グループが 2025 年度において取扱う廃プラスチックの PP 賦存量を上記と同様に算出した結果を図 6 に示す^{*4}。

この結果から、日本の容器包装プラスチック総排出量に含まれる PP 量 16 万 t/Y のうち、大栄環境グループは 0.38 万 t/Y 取扱っており、全体の約 2.4%を占めることがわかった。同様に、製品プラスチックの PP は総排出量 9.4 万 t/Y に対し、大栄環境グループは 0.11 万 t/Y であり、約 1.2%を占めている。建設系プラスチックの PP は総排出量 10.4 万 t/Y に対し、大栄環境グループは 1.21 万 t/Y であり、約 12%を占めていることがわかった。これは 2025 年度の実績値を基に算出した結果であり、今後大栄環境グループの取扱う廃プラスチック量は増加する見込みである。

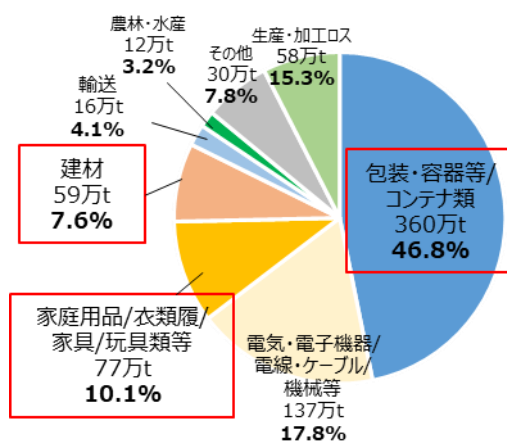


図 4 日本の廃プラスチック総排出量

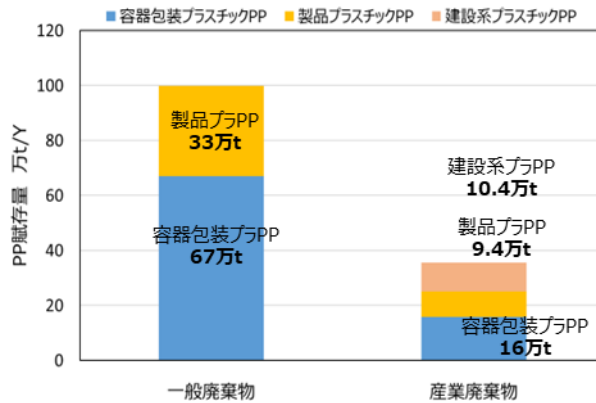


図 5 容器包装プラスチック/製品プラスチック/建設系プラスチックの PP 賦存量

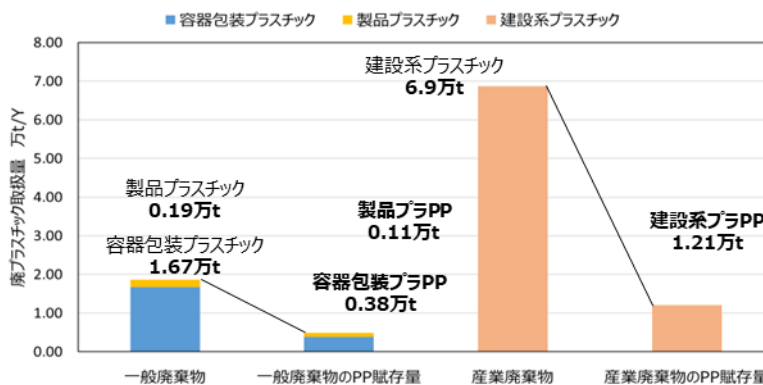


図 6 大栄環境グループが取扱う廃プラスチックの PP 賦存量

※1: 「2023 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、一般社団法人プラスチック循環利用協会」を基に大栄環境が作成

※2: 令和 3 年度プラスチック製容器包装廃棄物の組成調査および残渣要因分析業務報告書、環境省環境再生・資源循環局総務課リサイクル推進室、P.53 参照

※3: 鈴木慎也ら、福岡筑後地域におけるプラスチック樹脂組成調査、第 33 回廃棄物資源循環学会研究発表会

※4: 「令和 4 年度建設廃棄物の再資源化に関する調査・検討業務報告書、株式会社リーテム」「建設工事現場から排出される廃プラスチック類の組成調査報告書、一般社団法人日本建設業連合会」記載の数値を基に大栄環境が建設系プラスチックの PP 賦存量を算出

(2) PCR 材のサンプル収集および組成調査

実施事項 b に取組むために、大栄環境グループで取扱っている PCR 材のサンプルを収集した。また、サンプル収集と同時に PCR 材の廃棄物由来情報を把握するための組成調査を実施した。容器包装プラスチックの組成調査は、A 市の容器包装プラスチックを対象として 2025 年 5 月 19 日から 21 日にかけて大栄環境グループの三重中央開発株式会社三重リサイクルセンターで実施した。製品プラスチックの組成調査は、製品プラスチックのみを回収している B 市を対象として 2025 年 4 月 21 日から 24 日にかけて同様に三重リサイクルセンターで実施した。建設系プラスチックの組成調査は、2025 年 5 月から 6 月にかけて受入れた建設系プラスチックを対象とし、2025 年 5 月 8 日と 6 月 3 日から 4 日にかけて建設系の産業廃棄物を処理している大栄環境グループの DINS 関西株式会社 RAC 事業所と大栄環境株式会社の六甲リサイクルセンターで実施した。

また、ASRについては、2025年7月23日にDINS関西株式会社GE事業所で硬質プラスチックを25kg程度収集し、実施事項bでの活用分として八木熊にサンプル提供した。

(3) 組成調査方法

調査した重量は、A市の容器包装プラスチック38kg、B市の製品プラスチック514kg、建設系プラスチック1,186kg（RAC事業所：306kg、六甲リサイクルセンター：880kg）となっている。

A市の容器包装プラスチックは、地区ごとに曜日指定された回収日（週2回）にごみを捨てており、大栄環境グループは毎日収集している。1世帯が1回に排出する容器包装プラスチックは約0.8kg程度であり、今回調査した38kgは47.5世帯分に該当する。容器包装プラスチックは比重が小さいため、この量を調査するのでも6名で3日間フルタイム稼働する必要があった。また、大栄環境が受入れた容器包装プラスチックの山を十分に攪拌した後にサンプリングしたため、ごみ質に偏りは少ないと考えている。

B市の製品プラスチックは、地区ごとに月1回捨てられる日が決まっており、大栄環境グループが保有する処理施設にはほぼ毎日搬入される状態である。1日当たり約5tの製品プラスチックが搬入されているなかで、今回の調査では、ごみ質の偏りを防ぐために、計3回に分けて複数日分の搬入物からサンプリングを行い、計514kgの製品プラスチックを調査した。

建設系プラスチックは、どちらの事業所も1日に搬入された廃棄物である。ただし、コンテナに廃棄物が積まれた状態で搬入されてくるため、そのコンテナの中身を目視で確認し、廃プラスチックが入っているもののみを対象として調査した。

組成調査方法としては、調査対象のPCR材を土間に荷降ろした後、すべてのプラスチックを目視で確認しながら手選別で品目ごとに分類し、

表3の項目を記入する方法で行った。材質は、容器包装プラスチックの場合は表記されているものがあるほか、表記がないものは近赤外線プラスチックアナライザー（Thermo Scientific社micro PHAZIR-PC）を用いて判定した。本アナライザーはライブラリデータベースの波長と測定した波長を照らし合わせ、相関係数が設定閾値以上であればPPやPE等の材質判定結果を示し、設定閾値以下であれば判定結果が不明となる仕組みである。大栄環境は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が2020年度から2024年度に実施した「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」事業（NEDO事業）^{※5}に参画し、その事業でも同様の組成調査を行った経験から、上記のアナライザーの設定閾値を0.8とすれば、当てる面に対し90度方向に当てることで、複数回当てたとしても再現性高く判定結果が得られることがわかったため、今回の組成調査でも過去の経験に沿って材質を判定した。色・汚れは目視および嗅覚で判断し、少しでも該当する汚れがある場合は「付着あり」にチェックするという方法で調査した。臭気については、立った状態の作業員が対象物を手に持った時点で臭気を感じる場合はチェックを入れることとした。

調査の様子を図7に示す。この調査を行ったことで、各PCR材にどのような材質の品目が含まれているかの傾向把握ができた。また、色や汚れの度合いを把握したことで、実施事

項 b、c、d につながる情報を得ることができた。さらに、調査した容器包装プラスチックと製品プラスチックの合計重量に対する各品目の重量割合を算出したことで、実測に基づく PP 発生量の傾向把握ができた。しかし、建設系プラスチックは、土木工事/新築工事/維持・修繕工事/解体工事等の段階ごとに PP の発生量が大きく変動すると考えられるなか^{※6}、本組成調査では新築工事や維持・修繕工事と思われるプラスチックの調査に限定されたため、網羅的に PP 発生量の傾向把握の実測はできなかった。そのため、建設系廃プラスチックについては、年間を通して定常的に発生している品目があるかどうか各事業所の現場担当者にヒアリングすることで傾向把握を行った。また、NEDO 事業での経験を基にした推計も実施した。

表 3 PCR 材の組成調査項目

項目	選択肢	備考
No.	-	品目ごとに番号付け
名称	-	品目ごとに名称付け
材質	軟質系/硬質系	触覚で判断
	単一素材 (PP/PE/PS/PET/PVC/可燃物/不燃物)	
	PP リッチ複合素材 (PP&PE/PP&PS/PP&PET 等) ^{※7}	多く含まれている方に下線が引かれて表記されることが多い。
	その他リッチ複合素材	
	金属との複合素材 (アルミ蒸着/アルミ箔等)	袋類の内側にアルミが蒸着している場合等
	紙との複合素材	
色	透明、白、その他色付き、黒色	目視で判断
汚れ	食品汚れ	目視で判断
	油・溶剤系	
	埃	
	不燃系 (セメント・土砂の付着)	
	接着剤 (ラベル・シールの貼り合わせ剤)	
	臭気 (食品・シャンプー・芳香剤等の香料の浸潤)	嗅覚で判断
重量	-	品目ごとの重量を記載



図 7 組成調査の様子 (左図：アナライザーによる材質特定、右図：品目ごとの分別)

※5：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発、https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100179.html

※6：「令和 4 年度建設廃棄物の再資源化に関する調査・検討業務報告書、株式会社リーテム」の結果より推察

※7：PP リッチ：複数の材質が含まれているが PP が主要な材質となっているもの、PE：ポリエチレン、PS：ポリスチレン、PET：ポリエチレンテレフタレート

(4) サンプル収集および組成調査による PP または PP リッチ品の特定

組成調査結果をデータベース化し、各 PCR 材における PP または PP リッチの品目を特定することができた。表 4 および図 8 から図 15 に各 PCR 材に含まれている PP または PP リッチの代表的な品目をまとめた。これらの品目については、大栄環境グループから八木熊にサンプルとして送付し、2.1.3 節以降に示す実施事項 b に活用した。

また、図 16 と図 17 のように容器包装プラスチックと製品プラスチックにおける PP 発生量を実測に基づいて算出することができた。これにより、容器包装プラスチックに含まれる PP は 20%、製品プラスチックに含まれる PP は 33%であることがわかった。表 5 に示すように 2.1.1 節 (1) の※2 と※3 の文献値と比較すると、容器包装プラスチックの PP 割合は同等の数値となったが、一括回収プラスチックの PP 割合は 55%→33%と大きく乖離した。これは、一括回収プラスチックに含まれる製品プラスチックの割合が自治体や回収時期によって大きく異なり、それに伴って PP 割合もバラつくためであると考えられる。今後も大栄環境グループが受入れる可能性が高い A 市と B 市の廃棄物から得られた実測値を使用の方が、文献値よりも確実な根拠に基づいた数値といえるため、今後量産を見据えた設備検討等を実施する際は、図 16 と図 17 で得られた数値を用いていく予定である。

本事業での建設系プラスチックのサンプル収集では、プラダンボールを多く回収することができたが、ヒアリング結果よりプラダンボールは必ずしも定常的に回収できるものではなく、建設工事種別による排出の有無もあり、フレコンバッグや PP バンドの方が定常的には比較的回収しやすいことがわかった。また、NEDO 事業での大栄環境の知見からも、1 事業所における搬入物のなかにプラダンボールは 14t/Y、フレコンバッグは 95t/Y 含まれていることが推計できたため、フレコンバッグの方が回収ポテンシャル量が多いことがわかった。

表 4 各 PCR 材における PP または PP リッチの代表的な品目

PCR 材名	品目名称	特徴
容器包装プラスチック	硬質容器類	PP：豆腐やプリン等の容器等
	食品フィルム	PP リッチ品：菓子パンや野菜の袋類等
	非食品フィルム	PP リッチ品：文房具や工具の袋類等
	キャップ類	PP：ペットボトルのキャップ等
製品プラスチック	プランター・バケツ類	PP リッチ品：植木鉢やバケツ等
	かご類	PP：書類入れ、小物入れ、買い物かご等
	衣装ケース	PP
	家具用品	PP リッチ品：家具全般の部品や破片等
	クリアファイル	PP
	食器類	PP リッチ品：弁当箱、タッパー等
	ハンガー	PP リッチ品
建設系プラスチック	プラダンボール	PP：輸送用の箱や保護材として使用されるもの
	フレコンバッグ	PP リッチ品：大容量の袋状容器
	硬質容器類	PP リッチ品：建設現場で使われていたごみ箱等
	PP バンド	PP：ものを縛ってまとめる丈夫な紐
	土嚢袋	PP リッチ品：土砂等の中に詰める袋

	ホース類	PP リッチ品
	建築部品類	PP：固定具や鋭利なものの保護材等



図 8 容器包装プラ：硬質容器



図 9 容器包装プラ：食品フィルム



図 10 製品プラ：プランター・バケツ類



図 11 製品プラ：かご類



図 12 製品プラ：衣装ケース



図 13 製品プラ：食器類



図 14 建設系プラ：プラダンボール



図 15 建設系プラ：フレコンバッグ

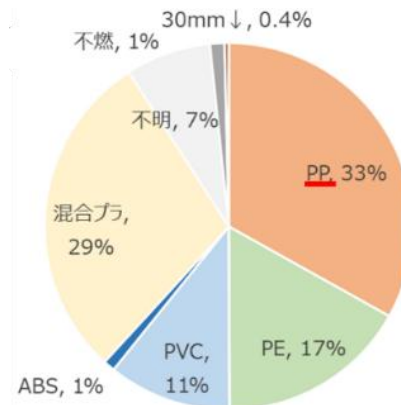
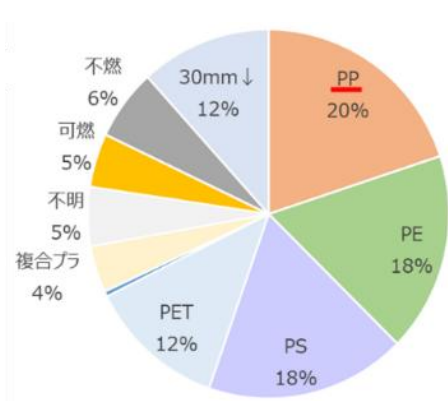


図 16 容器包装プラスチックの組成割合

図 17 製品プラスチックの組成割合

表 5 容器包装プラスチックと製品プラスチックに含まれる PP の割合の数値比較

	文献値	実測値
容器包装プラスチック内の PP 割合	23%	20%
製品プラスチック内の PP 割合	55%	33%

(5) 組成調査結果を基にした廃棄物由来情報の整理

組成調査によって得られた

表 3 に示すような各品目の材質・色・汚れ等の廃棄物由来情報をすべてエクセルデータとしてまとめた。しかし量産時において品目ごとの材質・色・汚れ等の廃棄物由来情報を大栄環境グループの収集・選別を行う事業所で定常的に取得するのは、膨大な手間がかかるため困難と考えられる。そのため、組成調査によって得られた廃棄物由来情報から、八木熊およびニフコが必要とする情報を精査し、収集・選別を行う現場の負担にならないように情報量を最低限に抑える必要がある。例えば、最低限必要とされる情報としては、PCR 材のペレット化に必要とされる材質情報（材質・汚れ度合い等）、化学物質規制への対応に必要とされる情報（発生元等）、各社が在庫管理するうえで必要とされる情報（各社保有の基幹システムと紐づけられる ID 等）が挙げられる。

2026 年 2 月現在において、共同実施者間での定期的なミーティングを実施しながら、実施事項 d のトレーサビリティシステムに登録する必要がある情報の整理を進めており、各実施事項の進捗に合わせながら、量産時における収集・選別を行う事業所での廃棄物由来情報の把握方法を検討している。詳細は 2.1.6 節に示す。

2.1.2. a-② 「量産に向けた収集・選別方法の検討」の実施結果

(1) 再生樹脂グレード開発に向けた各 PCR 材の品目の優先順位

効率的に自動車部品向けの再生樹脂グレードを開発するうえで、各 PCR 材の品目のなかから活用できるものを選定し、優先順位をつけながら実施事項 b、c に取り組む必要があった。そのため、実施事項 a-①で得られた品目のなかから、量産時に定常的に確保ができるという「量の視点」と物性が高く自動車部品への適用がしやすいという「品質の視点」の両面から優先順位をつけた。具体的な物性値は、実施事項 b をしないと定量化できないため、まずは目視によって異物の付着度合いや物性の劣化度合いを判断し、1 次評価を行った。

一般的に、容器包装プラスチックは、他の PCR 材と比較して最も量産的に確保がしやすいものだが、表 4 に示すような PP の品目ごとの回収は困難である。容器包装プラスチックの処理施設では、外袋等を破袋した後に、光学選別機や比重選別機を通過させ、PP/PE/その他混合品等に分けられることが多いが、ほとんどの選別作業が機械化されており、特定の品目のみを抽出しながら回収することはできない。また、光学選別機で黒色のものは検知されずに混合されることや、風力で選別している特性上、他の材質のものが風に巻き込まれて混合することが多々あるため、PP 単一品として回収することは難しいのが現状である。そのため、表 4 に示す硬質容器類は比較的物性が高い PP 単一品と判断できたが、量産時は分別回収できないため、食品フィルムや非食品フィルム等も混合したミックス品の 1 品目として取扱い、実施事項 b に取り組むこととした。

製品プラスチックは、自治体との連携の下、特定の品目を回収できる可能性がある。例えば、粗大ごみ中の衣装ケースのみを集約し、自動車部品にリサイクルする試験的な取組みが、東京都荒川区等で実施されている^{※8}。新たな分別ルールを自治体に導入するには数年かかるとされるが、品質が高いうえに回収量が見込める品目については、新たな資源化の取組みとして自治体に提案していくことが有効である。前述した組成調査結果より、回収量が見込める製品プラスチックの品目としては、プリンター・バケツ類、かご類、衣装ケース、家具用品、クリアファイル、食器類等が挙げられた。これに加え、目視による品質評価をした結果、衣装ケース、プリンター・バケツ類、かご類、家具用品および食器類の順で取り組んでいくこととした。

建設系プラスチックは、2.1.1 節 (3) で述べたように、工事段階によって回収できる品目の変動するとされているが、2.1.1 節 (4) のヒアリングの結果から、フレコンバッグと PP バンドは工事種別に拘わらず定常的に回収でき、プラダンボールや硬質容器類等は特定の工事段階であれば回収できる可能性が高いと判断した。品質の観点から評価すると、プラダンボールは最も品質が高く、次いで PP バンドが高いと考えられた (PP バンドはメーカー情報によりタルク (含水珪酸マグネシウム) が含まれているとのこと、詳細の品質分析は今後実施事項 b にて取り組む予定)。フレコンバッグは PP 以外の材質が含まれているほか、長年使われたものだと劣化も激しく見えたため、品質的には評価が劣ると考えられた。硬質容器類やそれ以外の品目については、定常的に同一のものを回収することが難しく、品質についてもものによって異なるため、評価対象から除外した。これらの評価結果を踏まえ、まずは最も品質が高いと考えられるプラダンボールから取組みつつ、PP バンド、フレコンバッグの順で取り組んでいくこととした。

また、これらの品目と同時並行的に ASR についても実施事項 b を進めている。

※8：荒川区、プラスチックの分別回収を令和 7 年 (2025 年) 10 月から開始します、<https://www.city.arakawa.tokyo.jp/a025/recycle/plastic/main.html>

(2) 建設現場における分別活動の実施

(2-1) 建設現場におけるプラスチック分別の背景・目的

建設系プラスチックは、賦存量が大きい一方で建設廃棄物全体に占める割合が小さく、従来は熱回収が主として選択されてきたことから専用のリサイクルシステムが未構築であるという現状がある。これを踏まえ、建設現場におけるプラスチック分別は、プラスチック回収量の向上に向けて必須の取組みといえる。多くの現場では「廃プラスチック類」とし

ての大括りな分別にとどまり、材質ごとの分別が十分に進んでいない。加えて、汚れやシール・接着剤の付着、異物混入が品質を損ない、たとえ中間処理施設で選別しても再資源化率は低下してしまう。建設廃棄物の廃プラスチック類の組成割合^{※9}を

表 6、シール・接着剤等の異物のイメージを図 18 に示す。また、プラダンボールを例に採算性を試算すると、仮に現状の状態のまま 200kg のプラダンボールを中間処理施設で受け入れ、汚れやシール等の除去作業を人の手で行った場合、2 人体制で 10 日ほど作業する必要がある、プラダンボールの単価が約 2,600 円/kg となり、全く採算性が合わないという結果が得られた。

望ましい姿は、排出段階で適切かつ実務に即した分別を行い、リサイクルの品質と量を同時に最大化することである。そのため、建設会社と連携し、分別手順/表示/教育を一体的に整え、現場オペレーションに組込むことが重要である。現在はテストとして 2 社 3 現場で分別活動を進め、実運用上の課題を洗い出し、より多くの現場に汎用可能な分別スキームの確立を目指している。

表 6 建設廃棄物の廃プラスチック類の組成割合^{※9}

材質等	容量 m ³	容量比 %	重量 kg	重量比 %	比重 kg/m ³
PP	6.835	16.10	228.4	11.73	33.42
PE	19.343	45.57	382.7	19.65	19.79
PS	2.600	6.13	34.2	1.76	13.17
PVC	6.092	14.35	758.9	38.97	124.57
PUR	0.400	0.94	7.5	0.39	18.75
MIX	7.174	16.90	535.8	27.51	74.68
合計	42.444	100.00	1947.6	100.00	45.89



図 18 シール・接着剤等の異物のイメージ

※9：一般社団法人日本建設業連合会、建設工事現場から排出される廃プラスチック類の組成調査報告書、令和 4 年 6 月（PVC：ポリ塩化ビニル、PUR：ポリウレタン樹脂、MIX：さまざまな材質の混合物）

(2-2) 具体的な建設現場における分別活動

本取組みは、下記（ア）～（オ）の 5 つのフェーズで有効性を検証する。建設現場での分別回収ヤードと分別指示書のイメージを図 19 に示す。プラダンボールは、建設現場では「養生シート」と表記する方が伝わりやすかったため、ここでは養生シートと記載した。

(ア) 分別区分の設定

現場のスペースや分別者の判断容易性を考慮し、過度な細分化を避けつつ材質識別が可能な実効的区分を定める。

(イ) 分別カートの設定

視認性を高めるため、分別看板と一体で配置し、動線や作業負荷に配慮して運用性を確保する。

(ウ) 現場での周知活動

朝会や新規入場者研修で分別看板に基づき要点を共有し、工事工程に伴う人員の入れ替わりを前提に継続的なリマインドを行う。

(エ) 分別品の管理

廃棄物搬出時には分別したプラスチックである旨を明記した貼り紙を施し、中間処理施設での取違えや品質低下を防止する。

(オ) 分別品の異物状況の確認

分別されたプラスチックの性状調査により、汚れ・シール・異物混入の課題を特定し、分別指示や教育内容にフィードバックする。

これらのフェーズの検証を通じ、分別スキームを多現場へ展開することで、建設現場から排出されるプラスチックの再資源化率を向上させ、自動車部品等への適用が可能な建設系プラスチックの回収量最大化を実現していく。2026年2月現在、建設現場での分別活動を継続させており、来年度も継続的に実施することとなっている。現在は、各建設会社と大栄環境および八木熊との意見交換を随時実施しながら、個別企業との連携を進めているが、本事業を行う3年間で分別方法の改善を図りながら、複数現場で活用できる統一的なルール策定を行う予定である。また、ルールをより広範に浸透させるためには、業界全体の知見と協力を得る必要があると考えており、現在大栄環境が会員となっている一般社団法人プラスチック循環利用協会の取組みのなかで建設業界団体の動向も調査している。次年度では、建設業界の知見をより得るために、業界団体・有識者との接点構築および意見交換を行う予定である。こうした取組みで得られた知見を活用し、複数社連携型の分別回収スキームを提案することを次年度の目標とする。

さらに、プラダンボールとフレコンバッグに着目し、2.1.1節で述べたNEDO事業での経験から、この2つの品目を排出する業種をそれぞれ調査すると、プラダンボールは主に金属製品・ゴム製品メーカーや倉庫を保有するロジスティクス業界およびゼネコン系の業界から排出され、フレコンバッグは情報通信機器や金属製品メーカーおよびゼネコン等の業界から排出されていることが推計できた^{*10}。今後より多くのプラダンボールやフレコンバッグ等の確保にあたっては、建設業界にとどまらず、その他の業界から排出されるものについても適切に回収できる分別方法を提案する必要があると考えられる。そのため、次年度以降は、建設系廃プラスチック以外の他産業の廃棄物に含まれるプラスチックも一部対象にしながら検討を進めていく。



図 19 建設現場での分別回収ヤード・分別指示書のイメージ

※10：大橋紗奈、橋本康司、小川聡久、山田眞、古屋仲茂樹、廃プラスチックの組成調査に基づく業種別の排出傾向の推定、第 47 回全国都市清掃会議・事例発表会、I-4-52、pp152-154、2026.01

(3) プラスチックリサイクル施設での量産を見据えた選別ライン試験の実施

(3-1) 選別ライン試験概要

大栄環境グループは、A 市の容器包装プラスチックをリサイクルする施設（以下、DINS 関西新施設）を 2025 年 10 月に新設した。従来は、大栄環境グループの別の事業所で処理していたが、今後製品プラスチックの取扱量が増加することを見据え、製品プラスチックの処理も可能なライン設計となっている。DINS 関西新施設は、2026 年以降に本格稼働を予定している。ただし、本施設は、自動車部品向けのペレットを製造するためではなく、従来から取扱っていた廃プラスチックをリサイクルするための施設のため、本実証事業の量産化にあたっては、新たなプラスチックリサイクル施設を新設する必要がある。そこで、DINS 関西新施設が本格稼働するまでの期間で容器包装プラスチックと製品プラスチックから高純度の PP ペレットを製造するための選別試験を 2025 年 10 月 20 日から 2026 年 1 月 20 日にかけて実施し、定量的なデータを取得することで、量産を見据えた効率的な収集・選別方法を検討することとした。

DINS 関西新施設のライン構成を図 20 に示す。高純度の PP を製造するラインとしては、破袋機、バリスティックセパレータ、光学選別機 A、光学選別機 C を通過後、洗浄粉碎および洗浄脱水機、比重選別機を通過させ、再度脱水機にかけた後、ペレタイザーを用いてペレット化する流れとなっている。これらの設備を用いて、光学選別機の台数や設定を変化させた際のマテリアルバランスや異物の除去割合を定量的に取得した。これらの試験はすべて実際のライン稼働時と同等の処理速度で実施し、量産体制に即した結果を得ることができるよう努めた。

具体的には、A 市の容器包装プラスチック単体と容器包装プラスチックと製品プラスチックが混ざり合った C 市の一括回収プラスチックの 2 種類をそれぞれ約 4t 用意し、下記に示す 3 つの工程ごとの試験を実施した。一括回収プラスチックに含まれる製品プラスチックの割合は 1 割程度となっており、残りの 9 割は容器包装プラスチックとなっている。一括回収プラスチックに含まれる製品プラスチックのうち、一辺 50cm 以上のものは詰まりの原因となるため異物として除去している。

①前処理工程：破袋機・バリスティックセパレータを通過させた後の軽量物と重量物の選別割合を測定した。

②光学選別工程：2種類のプラスチックに対し、光学選別機A→Cの2台を通過させた前後の MATERIAL バランスを測定した。さらに、2台分の光学選別機を通過したサンプルを再度光学選別機Aから投入し、光学選別機Cの通過後に再び回収することで、光学選別機を4台通過させた状態のものを製造し、MATERIAL バランスを測定した。同様に、光学選別機を6台通過させた場合の MATERIAL バランスも測定した。

③洗浄粉碎・比重選別・脱水工程：洗浄粉碎機・比重選別装置・脱水機を通過させた前後の重量変化を測定した。

また、③の工程後にペレタイザーを用いて高純度PPペレットを製造し、八木熊に提供した。そして、これらのペレットを実施事項bに活用することで得られた知見と上記試験の結果から、今後量産を見据えた効率的な収集・選別方法を検討する予定である*11。本試験の様子を図21から図24に示す。具体的には、本試験におけるサンプルの山と投入の様子を図21、光学選別機を6台通過した際の容器包装プラスチックを図22、比重選別装置および脱水機を通過し、ペレタイズする直前の状態である圧搾脱水物を図23、ペレタイズの様子を図24に示す。

*11：これらの試験は、サンプルが廃プラスチックのため、1度の試験では結果にぶれが生じると考えられる。そのため、評価の精度を高めるためには、複数回同様の試験を実施し、ぶれの度合いを確認する必要があるが、施設利用期間が限られていることもあり、試行回数が少ない点は留意する必要がある。

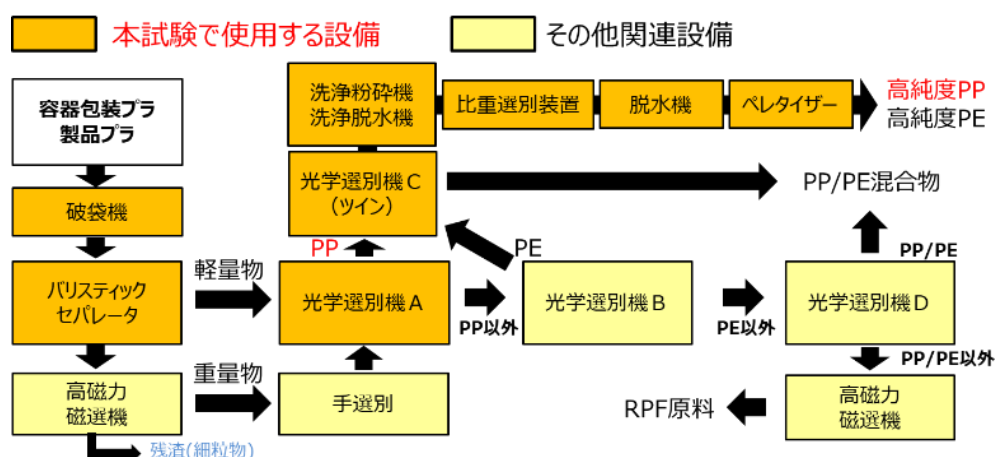


図 20 DINS 関西新施設の選別ライン構成



図 21 容器包装プラスチックのサンプルの山と投入の様子



図 22 光学選別機を 6 台通過させた容器包装プラスチック



図 23 容器包装プラスチックの圧搾脱水物



図 24 ペレタイズの様子

(3-2) 選別ライン試験結果

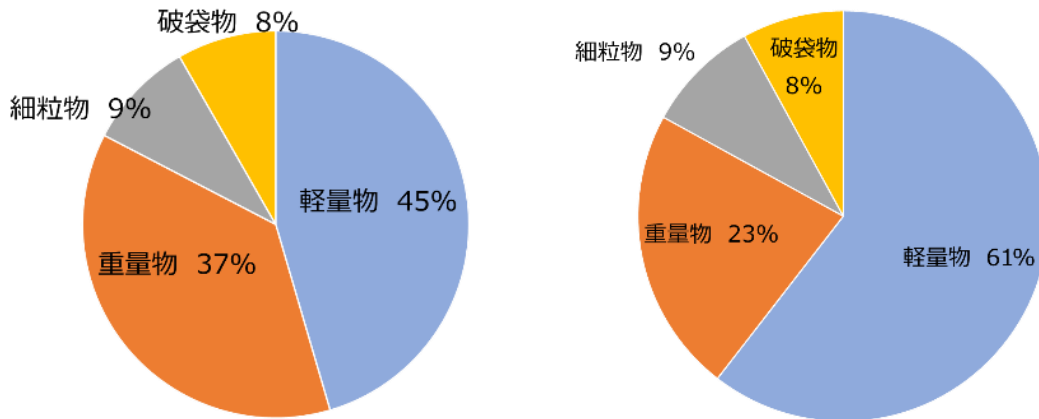
2.1.2 節 (3-1) に示した①～③の工程ごとの選別ライン試験の結果を下記に示す。

① 前処理工程の試験結果

前処理工程である破袋機・バリスティックセパレータへ容器包装プラスチック、一括回収プラスチックそれぞれを投入した前後における重量変化の測定結果を図 25 に示す。本試験は約 4t あるサンプルのうちの 100kg 程度を投入した際のマテリアルバランスを測定した。

一般的に、軽量物側にはフィルム類等の軽いものが流れていき、重量物側にはボトル類や硬質系の立体物が流れていくため、容器包装プラスチック系が軽量物側に流れ、製品プラスチック系が重量物側に行くと考えられるが、本サンプルの一括回収プラスチック 105kg のうち、立体物系の製品プラスチックが少なかったため、概ねどちらも同様の結果となった。内容物を目視で確認すると、軽量物側にはラップや菓子の個包装類、重量物側には調味料のボトル類や文房具等の硬質系のプラスチックが流れていた。また、残渣側にはペットボトル

のキャップや製品プラスチックの破片等が確認できた。



容器包装プラスチック（合計重量：121kg） 一括回収プラスチック（合計重量：105kg）

図 25 前処理工程の試験結果

② 光学選別工程の試験結果

各選別機の設定は PP のみ風力で飛ばし、PP 以外は自由落下する方式で選別する設定とした。これにより、光学選別機で選別できない黒色のものはすべて自由落下し、PP 側には混在しないようになっている。また、一般的に風力で飛ばす際に PP と判定された対象物の周辺にあるほかのプラスチックも巻き込まれる形で PP 側に混ざるため、純度が落ちるほか、スナック菓子の袋等のアルミ蒸着物も PP 側に混入することが多い。そのため、材質調査の際は PP、PP 以外に加え、アルミ蒸着物も区分して調査した。

光学選別機 A→C のラインにおいて、各サンプル（約 100kg）を 1 周、2 周、3 周させ、計 2 台、4 台、6 台の光学選別機を通過させた際の PP 側に選別されたものについてそれぞれ材質調査した結果を図 26 に示す。容器包装プラスチックは、光学選別機の台数が増加するほど PP の純度が向上していることがわかり、2 台から 4 台に増加した際の PP 純度の上り幅が 20%（55%から 75%）と大きく、6 台通過時点では PP 純度 88%と最も高くなった。一括回収プラスチックは、2 台通過時点で既に 73%と比較的 PP 純度が高く、4 台通過時点で 82%と最も高い純度となったが、6 台通過時点では 80%と純度の向上がみられなかった。そのため、4 台通過時点で PP 選別割合は飽和傾向であり、4 台通過時点と 6 台通過時点の結果の違いは、試行回数が限られているが誤差の範疇であると考えている。容器包装プラスチックの純度が直線的に増加した要因としては、製品プラスチックに比べると単一素材のものが多く、光学選別による効果を得やすいことが挙げられる。一方、製品プラスチックは光学選別のノイズとなる複合素材、黒色のもの、添加剤等が含まれることが容器包装プラスチックよりも多いことが起因し、純度の伸びが鈍化したと考えられる。また、光学選別機を 4 台および 6 台通過させたどちらのプラスチックにおいても、アルミ蒸着物は 4~7%含まれており、光学選別機のみでの完全除去が困難であることがみてとれた。

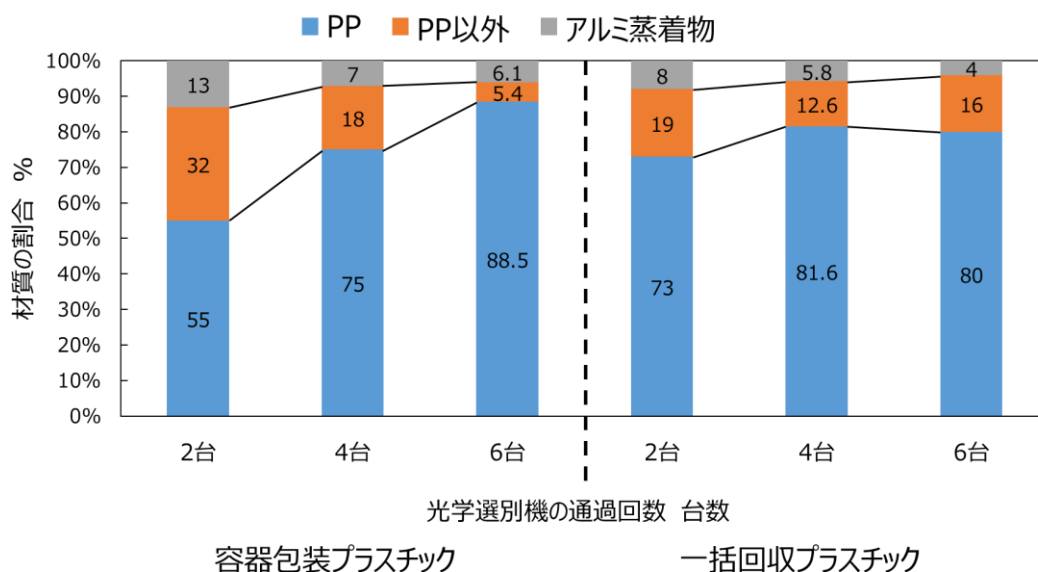


図 26 光学選別工程の試験結果

③ 洗浄粉碎・比重選別・脱水工程の試験結果

今回使用した比重選別装置は、水の浮力を利用した比重差で破碎された廃プラスチックをPP・PE等の浮くものと沈むものを選別する装置となっている。本装置を用いることで、金属との複合素材等は沈むため、よりPPの選別が可能であるが、光学選別工程で課題として挙げたアルミ蒸着物についてはアルミの層が極めて薄いため、沈むかどうかは個体差があり、完全な除去が現状の設備ラインでは難しい状況となっている。

洗浄粉碎機・比重選別装置・脱水機を通過した前後での重量変化の測定結果を表7に示す。光学選別機の通過台数が多くなるにつれ、本工程での除去割合が減少していることがわかった。すなわち、PPの選別においては、光学選別機を多く通過させることで比重選別装置の役割は薄くなり、トレードオフの関係となることがわかった。

しかし、金属との複合素材等の光学選別機のみでは除去できないプラスチックも存在するため、比重選別装置の役割は不可欠である。そのため、要求品質を満たすものが製造できるように、両設備の性能やコスト等の要素を考慮したうえで、適した組み合わせのライン設計を行うことが重要といえる。要求品質を満たすことができるかどうかについては、本サンプルを用いた実施事項bの分析が必要であるため、実施事項a-②における量産を見据えた選別ラインの検証は今後も各社と連携しながら進めていく予定である。

表 7 洗浄粉碎・比重選別・脱水工程の試験結果

	光学選別機の通過台数 台	洗浄粉碎機への投入前の重量 kg	脱水機からの排出後の重量 kg	除去割合 %
容器包装プラスチック	2	224	155	31
	4	151	111	27
	6	206	198	3.9
一括回収プラスチック	2	189	106	44
	4	196	178	9.2
	6	195	187	4.1

2.1.3. b-①「各品目の PCR 材の規制化学物質・物性分析」の実施結果

表 1 の b-①において当初掲げていた「10 品目以上の PCR 材の品目ごとの規制化学物質含有量や物性を把握する。量産を見据えた規制化学物質や物性分析手法を確立する。」という目標を本年度において達成することができた。実施結果を下記に示す。

(1) 八木熊での分析：容器包装プラスチック・製品プラスチック・建設系プラスチック・ASR

大栄環境グループが 2.1.1 節（実施事項 a-①）で得た PCR 材に対し、八木熊保有の設備で粉碎、洗浄、造粒およびダンベル片を成形し、素材の機械的強度を測定することで、物性分析した。プラダンボールを例にその様子を図 27 に示す。

容器包装プラスチック・製品プラスチック・建設系プラスチック・ASR のダンベル片の成形を実施し、物性測定した。そのうち、引張・曲げ・シャルピー衝撃試験を実施した結果を表 8 に示す。下記に示す試験を行った際の詳細な条件は、まとめて 2.1.4 節末に示す。

造粒するうえでの課題として、異物の除去が挙げられた。大栄環境グループより提供された PCR 材を確認すると、異物が検出された。検出された異物を図 28 に示す。回収した PCR 材の主成分が PP であっても、成形品の一部に異物が含まれている可能性がある。とくに金属系の異物は設備の破損につながるため、量産を見据えた収集・選別時に除去する必要がある。

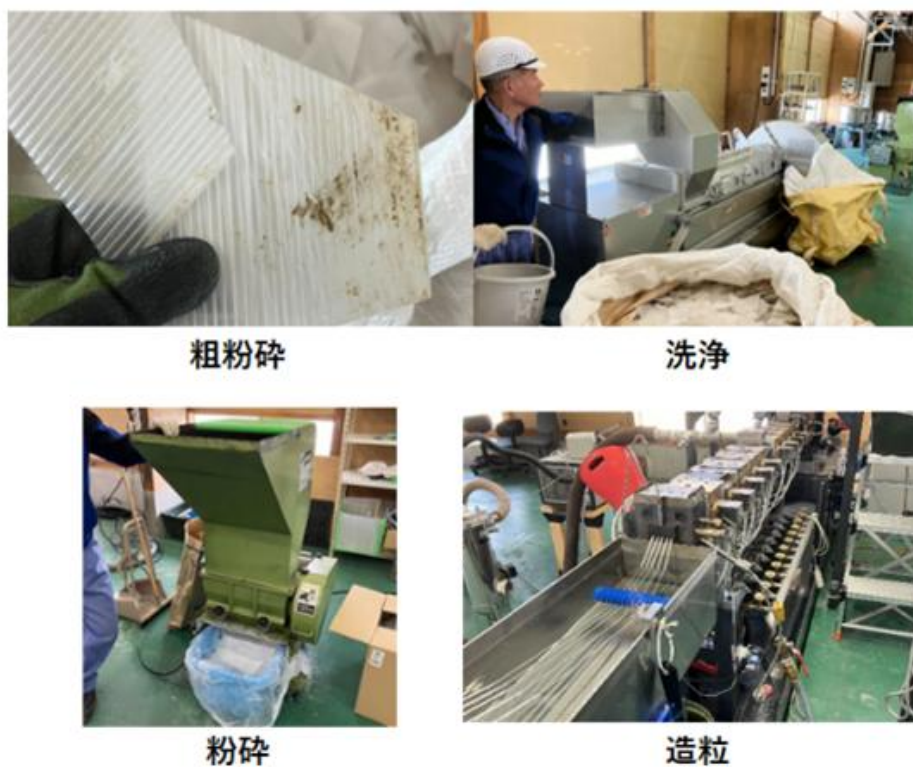


図 27 プラダンボールの粉碎から造粒までの様子

表 8 各品目の物性測定結果 (引張・曲げ・シャルピー衝撃試験)

サンプル	引張試験	曲げ試験	シャルピー衝撃試験
	破断伸び %	弾性率 MPa	シャルピー衝撃値 kJ/m ²
JAMA 目標汎用 PP①※12	15 以上	1000 以上	5 以上
JAMA 目標汎用 PP②※12	25 以上	940 以上	10 以上
プラダンボール	94.0	1304	6.6
衣装ケース	破断なし	1094	5.7
カゴ	91.6	1121	5.3
家具用品	34.2	1153	4.0
食器類	破断なし	1171	3.8
プランター・バケツ	16.5	1156	6.0
その他 PP	25.6	1324	4.5
容器包装プラスチック	6.1	901.6	2.6
ASR	19.4	1067	40.5

※12：一般社団法人日本自動車工業会、再生材プラスチックの活用促進に向けた自工会の取組みについて-汎用 PP、複合強化 PP の目標値公表-、2025 年 2 月、(JAMA 目標値は PCR 比率 25wt%以上の場合の数値)

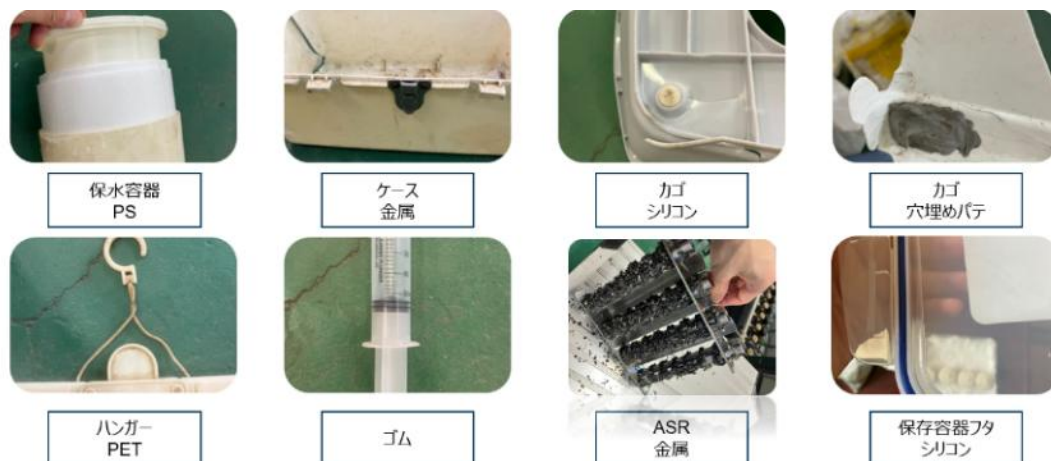


図 28 異物の一覧

(2) 産総研での分析：各品目の規制化学物質の分析

実施事項 b は、産総研が保有する技術やノウハウを活用しながら進めており、産総研と協議した結果、PCR 材を使用して製造した材料のうち、下記 3 つの状態を満たした材料がニフコに提供できる材料になると定義した。また、この定義を満たすための分析方法についても検討を進めている。

- ①組成：提供する原料の組成情報が明らかになっている。
- ②寿命：長期的に使用しても問題ない材料であることが明らかになっている。
- ③規制化学物質のスクリーニング：規制化学物質が規制値以下であることが明らかになっている。

また、量産を見据えた分析手法を構築するということは、産総研が保有する分析機器でなければ分析ができない状態を解消することを指すと考えた。具体的には、非常に高価で民間企業が導入することが現実的ではないと考えられる分析機器を用いた分析は控え、購入検討が可能な範囲の分析機器を用いて分析を行った。

はじめに、「規制化学物質のスクリーニング」から実施し、規制化学物質として有害物質使用制限指令（RoHS 指令：Restriction of Hazardous Substances）に指定される 10 種が規制値以下であることを確認するための分析を行った。規制化学物質が規制値以上に含有していた場合、機械的物性の数値が優れていたとしても、使用することができないためである。規制化学物質のスクリーニングの結果、大栄環境グループから提供された 11 品目すべてのサンプルにおいて、規制化学物質は検出されなかったため、③の状態を満たしていることがわかった。計測結果を図 29 と図 30 に示す。

つぎに、「組成」の観点から、PP 純度の高い素材を選定するために、容器包装プラスチック・製品プラスチック・建設系プラスチックのなかで物性値が良かったものに絞ったうえで、FT-IR 分析を実施した。その結果を図 31 と図 32 に示す。分析の結果、プラダンボールが最も PE の含有量が低いことから、PP 純度が高いと判断した。2.1.2 節 (1) の内容も踏まえつつ、機械的物性および PP 純度の観点からプラダンボールが自動車部品への適用可能性が最も高い品目と考え、優先的に次工程に取り組むことにした。

最後に、「寿命」の観点から、素材のなかに含まれる酸化防止剤の種類および残存量の分析を行った。②の「長期的に使用しても問題ない材料」の定義は、バージン材と同等の性能を有するときとした。プラダンボールに含まれる酸化防止剤の種類およびバージン材に含まれる酸化防止剤の種類を分析した。これにより酸化防止剤の種類およびプラダンボールに残存している酸化防止剤の量を特定することができた。その分析結果を図 33 に示す。また、プラダンボールに酸化防止剤を添加した材料（酸防 0.2%、0.4%、0.6%添加した材料）を作成し、同様に分析を実施した。これは酸化防止剤の配合量を決定するための分析である。試験の結果を表 9 に示す。分析の結果からプラダンボールの添加量としては、0.2%配合でバージン材同等になるという結果となった。

上記分析結果の妥当性の確認のため、分析 A を行った。分析 A による OIT（酸化誘導時間）分析の結果を表 10 に示す。今回の試験では 0.2%配合でバージン材同等になると予測できたが、念のため、0.4%配合でも試験を実施した。試験の結果、0.2%配合でバージン材と同等の分析結果となると思われたが、0.4%配合でバージン材同等となることがわかった。また、分析 B による OIT 分析の結果を図 34 に示す。これにおいても酸化防止剤は 0.4%配合でバージン材同等になることがわかった。このことから酸化防止剤の効果を阻害している可能性があると考えられるため、今後この結果の要因分析を実施していく。

フタル酸エステル濃度(ppm) = 試料中のフタル酸エステル重量(ng)/試料重量(mg)

試料名	試料重量(mg)	試料中のフタル酸エステル重量(ng)				フタル酸エステル濃度(ppm)			
		DIBP	DBP	BBP	DEHP	DIBP	DBP	BBP	DEHP
プラダン	0.579	ND	ND	ND	14	ND	ND	ND	25
ASR	0.554	2	ND	ND	25	3	ND	ND	46
衣装ケース	0.552	ND	8	ND	13	ND	14	ND	24
容器包装	0.537	ND	ND	ND	7	ND	ND	ND	13

ND：ピーク未検出

※RoHS指令ので規制されているフタル酸エステル類の規格は1,000ppm以下であり、その規格をクリアしている。

図 29 フタル酸エステルのスクリーニング

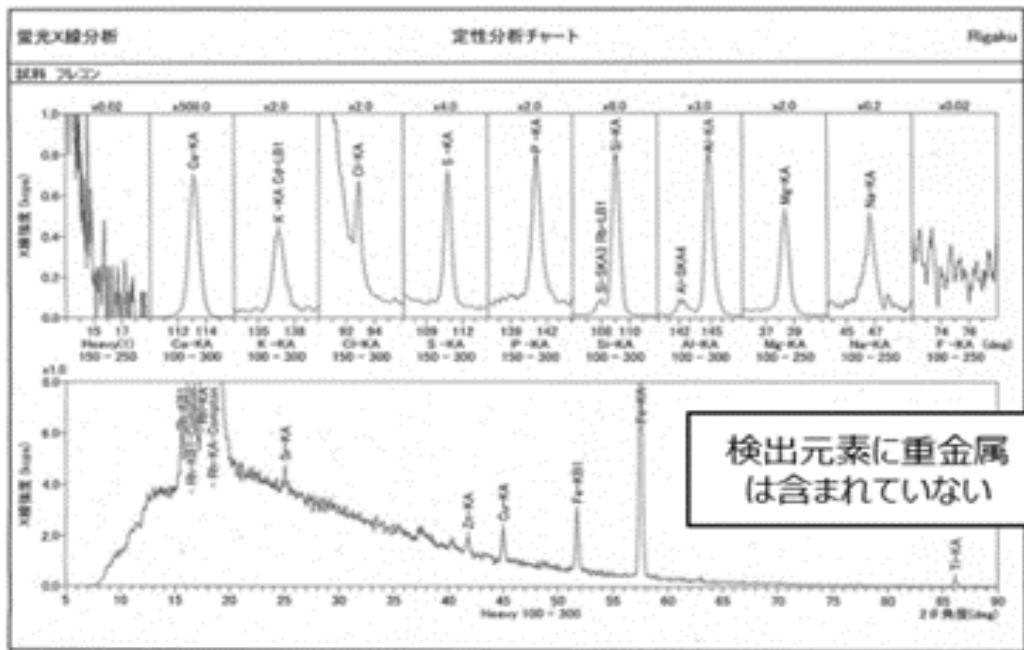


図 30 重金属のスクリーニング

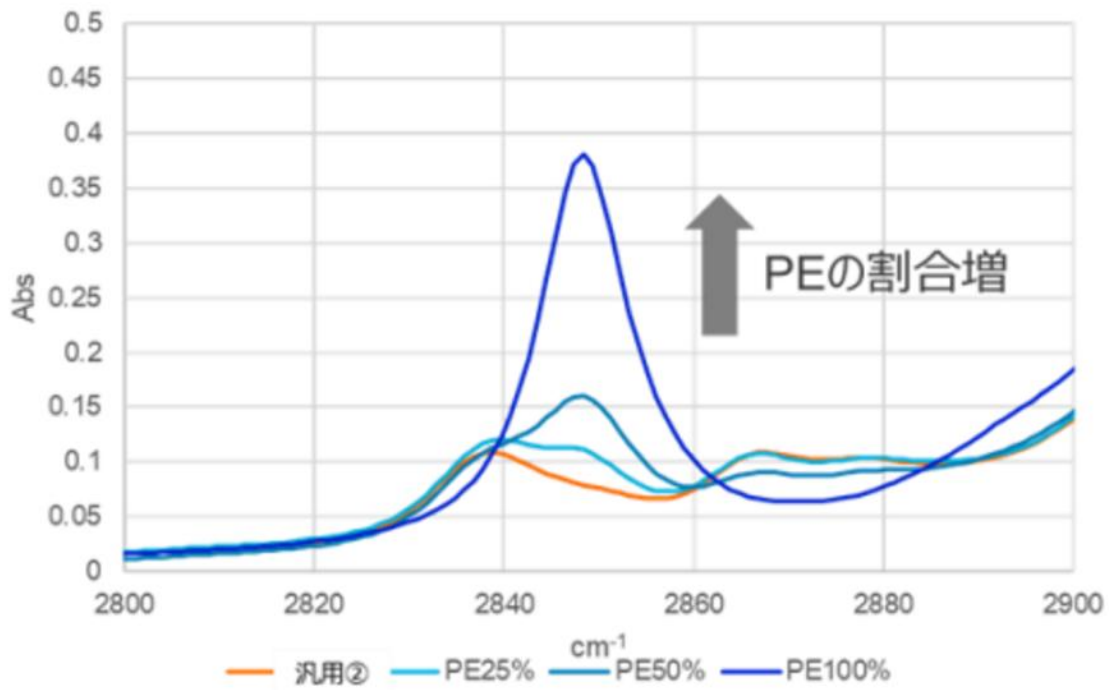


図 31 PE のピーク位置の確認

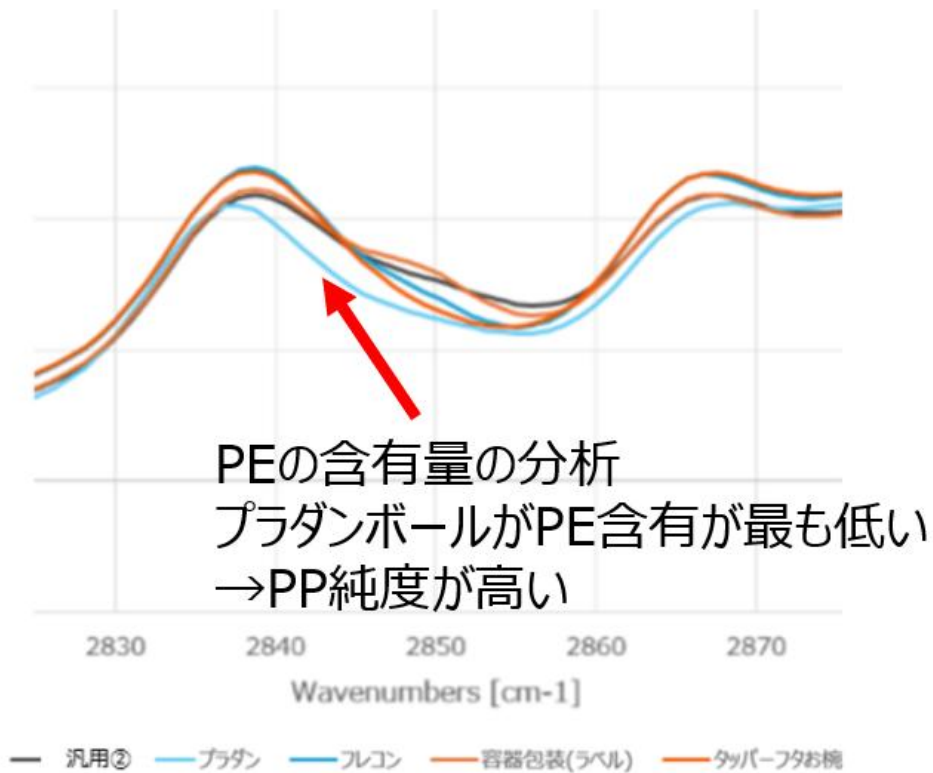


図 32 PE 含有量の分析結果

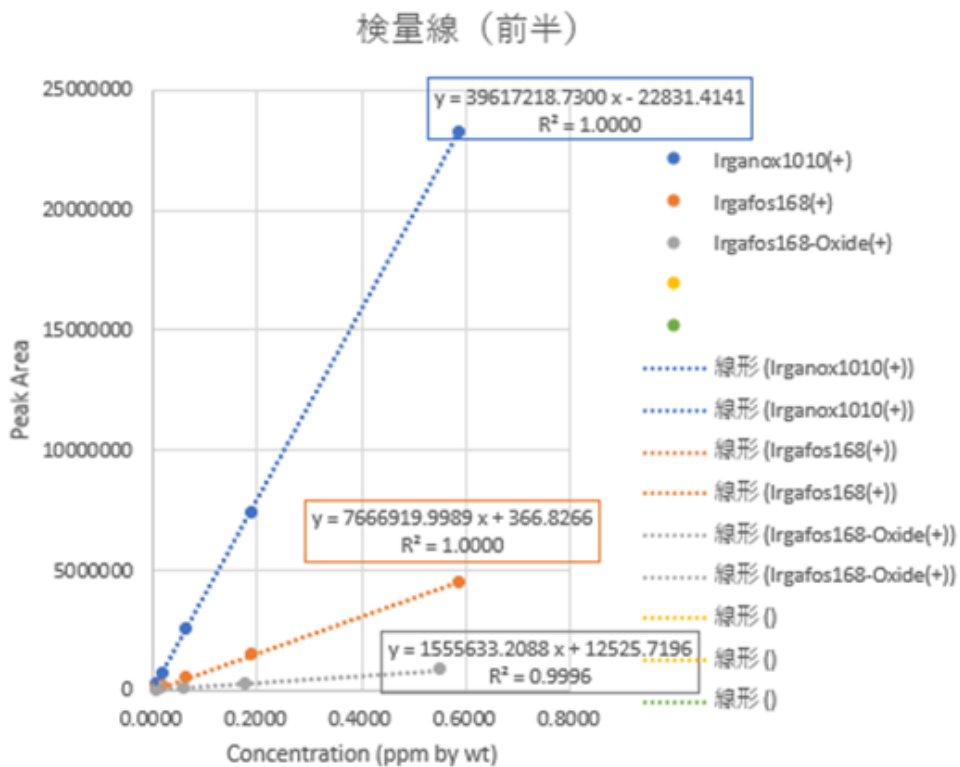


図 33 材料中に含まれる酸化防止剤の種類同定

表 9 材料中に含まれる酸化防止剤の添加量の算定

	Irganox1010+ ppm	Irgafos168+ ppm	Irgafos168-Oxide+ ppm
JAMA 目標汎用 PP①	549	531	27
JAMA 目標汎用 PP②	321	532	36
プラダンボール ブランク	292	99	494
プラダンボール 酸防 0.2%	630	803	566
プラダンボール 酸防 0.4%	926	1346	481
プラダンボール 酸防 0.6%	1345	2110	564

表 10 分析 A による OIT (酸化誘導時間) 分析結果

サンプル	OIT min
JAMA 目標汎用 PP①	1.59
JAMA 目標汎用 PP②	9.10
プラダンボール ブランク	2.23
プラダンボール 酸防 0.2%	3.66
プラダンボール 酸防 0.4%	13.7

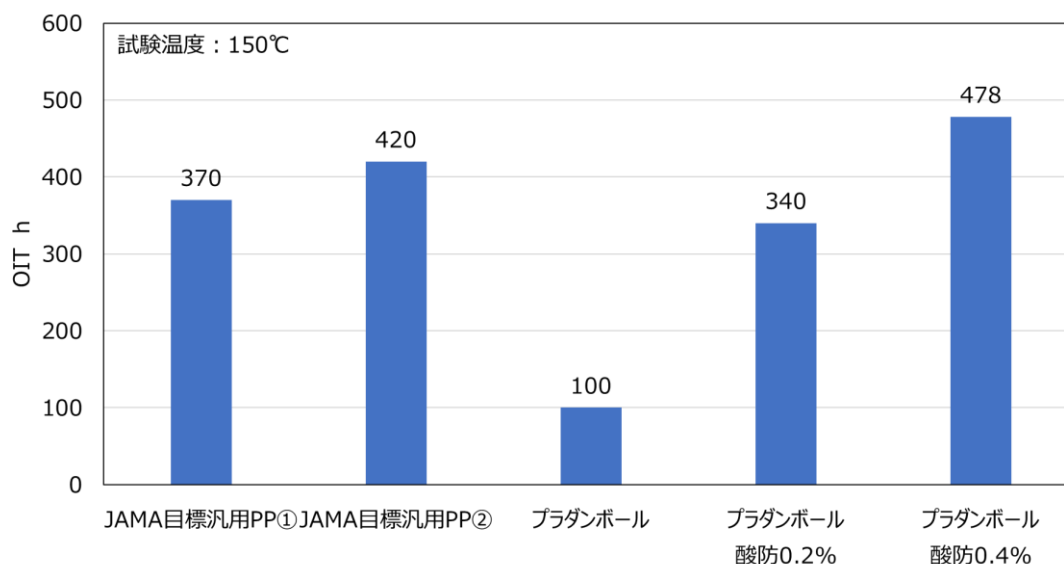


図 34 分析 B による OIT 分析結果

2.1.4. b-② 「自動車部品用の再生樹脂製造に向けた検討」の実施結果

表 1 の b-②に当初掲げていた「樹脂だまり装置の検証を行い、引張やシャルピー衝撃値(耐衝撃性)等の性能が向上することを明らかにする。また物理劣化回復技術のメカニズムを解明し、再現性のある技術を確認する。1 種類以上の自動車部品に適用可能な再生樹脂の製造を行う。」という目標については、再生樹脂の製造は達成できた。樹脂だまり装置の検証においては、シャルピー衝撃値の向上はできたが、再現性のある技術としてのメカニズムを明らかにするには至っていない。下記に実施結果を示す。

(1) 各 PCR 材に対する物理劣化回復技術の検証

八木熊が大栄環境から提供されたサンプルをペレット化した後、福岡大学にて樹脂だまり装置を用いた再ペレット化を実施することで、物理劣化回復効果の検証を開始した。検証の様子を図 35 に示す。

はじめに、容器包装プラスチック、製品プラスチック、建設系プラスチック、ASR の各品目中でも最も物理劣化回復効果がみられる品目がなにか明らかにするとともに、その効果がどのような要因で発現したのかを定量的に把握することを目的として、樹脂だまり装置を用いた試作を実施した。試作の結果、シャルピー衝撃値の向上効果において、ASR が顕著に向上することを確認できた。その要因を分析するため、今回効果が発現した ASR にて TEM 分析を行った。分析結果を図 36 に示す。分析は高倍率と低倍率の 2 種類実施した。高倍率の分析の結果を確認すると、樹脂だまり装置を用いたときはblank品と比較して配向構造がハッチ上になっていることが確認できる。この結果から、樹脂だまり装置を用いることでマトリックスの配向緩和が起こったといえる。さらに、低倍率での分析結果を確認すると、blank品は分散構造が極めて不均一であったが、樹脂だまり装置を用いた際は均質な分散構造となったことが確認できた。今回 ASR にてシャルピー衝撃値が向上した要因は単体の効果ではなく、マトリックスの配向緩和と分散構造が均質になった 2 つの相乗効果によるものと考えられる。今後 ASR の再原料化を最優先に検討し、再現性および定量的な条件設定を目標として、樹脂だまり装置による試作を継続実施していく予定である。



図 35 福岡大学での樹脂だまり装置を用いた検証の様子

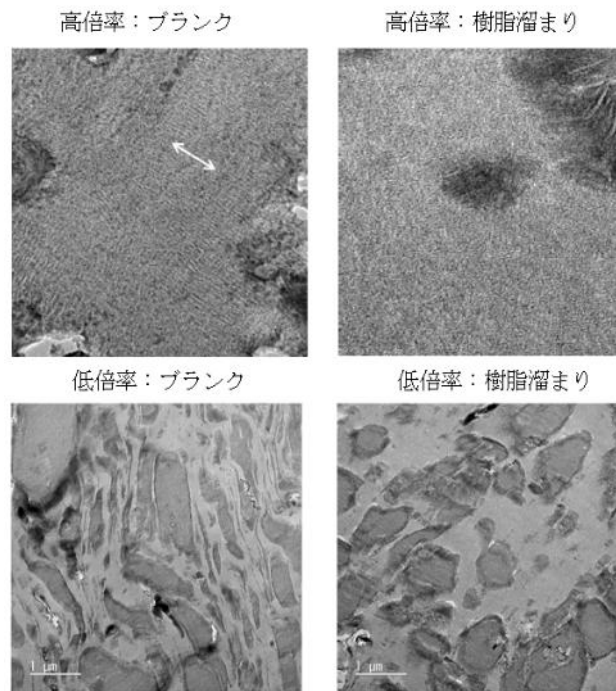


図 36 TEM 分析

(2) 材料改質試作の実施

プラダンボールを選定し、物性分析を実施した結果、シャルピー衝撃値の数値が JAMA 目標汎用 PP②を下回る可能性があるため、その改善を目的とした改質試作を実施した。プラダンボールの改質結果を表 11 と図 37 に示す。改質剤を活用することでシャルピー衝撃値の向上効果が認められた。改質したプラダンボール（改質プラダンボール）を 25wt% 配合した原料による試作においては JAMA の公表した目標物性を実現することができたため、八木熊からニフコにそのペレット(再生樹脂)を提供した。

しかし、PCR 材のプラダンボール 100wt% の物性では、シャルピー衝撃値において JAMA 目標値には到達しなかったため、追加で複数の添加剤を使用した改質試作を実施した。その結果を表 12 に示す。試作の結果、添加剤 C を 10% 配合することで顕著な物性向上効果（シャルピー衝撃値の向上）が発現した。これは、今回使用したプラダンボールの PP 純度が高いことが起因していると考えられる。

今回材料改質試作を行ったプラダンボールの物性の「バラつきの大きさ」を確認するため、工程能力指数の確認を行った。計測の結果、すべての計測項目において $\pm 3\sigma$ の範囲に収まっていることが確認できた。そのため、今回の分析結果においては安定した原料になっていると考えられる。

また、本年度は実施事項 c に後述するようなニフコが取扱う小型部品への適用を目指し、素材の選定および機械的物性の改質に注力した取組みを実施した。その結果 JAMA が定めた機械的物性の品質要求を満たすことに成功した。次年度以降は、対象とする自動車部品のサイズをより大きくしていき、中型部品以上への適用も視野に開発を推進していく。その際に課題となると考えられるのがメルトフローレート（MFR）である。成形品のサイズが大きくなるにつれ、MFR の数値を向上させる必要があるが、PCR 材を用いた再生樹脂では物

性のバラつきが激しいため、MFR の数値を JAMA 目標値まで向上させるにはさらなる改質試作が必要となる。本年度は、小型部品を対象としていたため、MFR が小さくても問題なかったが、次年度以降は MFR の数値も測定し、JAMA 目標値に到達させることを目標として添加剤を用いた改質試作を実施する。さらに、物性向上に向けた再現性試験および添加量の妥当性試験(細かく配合割合を変更することでの物性向上効果の検証)を行っていく。さらに、今後「量」の観点から容器包装プラスチック由来の再生樹脂開発にも着手する予定である。建設系プラスチックであるプラダンボールは組成・品質の観点から非常に優秀な材料だが、回収目標である 30 万 t の不足分をプラダンボール単体で補うのは困難である。そのため、量が見込める容器包装プラスチック由来の再生樹脂を自動車部品へ適用させる取組みは優先順位を上げる必要があると考えているため、次年度の検証要素とする。

表 11 プラダンボールの改質結果

項目	目標値 (JAMA 汎用 PP②)	プラダン ボ ー ル (PCR 材)	改 質 プ ラ ダ ン ボ ー ル	改質プラダン:25wt% 汎用 PP①:75wt%	改質プラダン:25wt% 汎用 PP②:75wt%
配合 (PCR 比率)	25wt%以上	100%	100%	25wt%	25wt%
密度	0.88~0.94	0.945	0.945	0.911	0.907
引張降伏 強さ MPa	23℃ 19 以上	25.8	24.3	24.5	23.4
引張弾性 率 MPa	23℃ 940 以上	1526	1408	1444	1290
引張破断 伸び %	23℃ 25 以上	94	169	128	破断なし
曲げ弾性 率 MPa	23℃ 940 以上	1304	1247	1382	1229
曲げ強さ MPa	23℃ 24 以上	36.4	34.4	38.0	36.0
シャルピ ー衝撃値 kJ/m ²	23℃ 10 以上	6.64	8.91	11.21	21.01
	-30 3 以上		-	-	-
荷重たわ み温度 ℃	0.45MPa 78 以上		-	-	-
MFR g/10min	230℃、 2.16kg	20~30		-	-



図 37 プラダンボールの改質後のペレットの様子

表 12 複数の添加剤を用いたプラダンボールの改質結果

プラダンボール試料 (添加剤配合時は配合割合も表記)	引張試験						曲げ試験			衝撃試験
	最大応力 MPa	最大変位 mm	破断応力 MPa	破断変位 mm	破断伸び %	弾性率 MPa	最大応力 MPa	最大変位 mm	弾性率 MPa	
耐衝撃改良剤										シャルピー衝撃値 kJ/m ²
プラダンボール (PCR 材)	25.8	9.50	16.2	108	94	1526	36.4	11.6	1304	6.64
プラダンボール (新品)	29.1	9.82	15.9	112	98	1491	43.3	12.4	1409	8.97
添加剤 A 3%	24.8	10.49	13.9	134	116	1435	35.9	11.8	1276	8.18
添加剤 A 5%	23.8	11.17	12.6	224	194	1365	33.6	12.2	1185	9.30
添加剤 B 2%	25.1	10.52				1428				9.87
添加剤 C 5%	24.7	11.14	18.2	330	287	1478	36.1	12.3	1329	9.32
添加剤 C 10%	22.8	13.11				1318	31.9	12.6	1181	30.90

<実施事項 b における各試験条件>

- ・試験は JISK7161、JISK7171、JISK7111 の規格に準拠
- ・試験は N=5 で実施（その平均値を記載）
- ・引張試験 クロスヘッドスピード：50mm/min、チャック間距離：115mm
- ・曲げ試験 3点曲げ、クロスヘッドスピード：20mm/min、スパン距離：64mm
- ・シャルピー衝撃試験 ハンマー：2J、V ノッチあり (2mm)

2.1.5. c-①「再生材を用いた自動車部品製造/製品設計・評価/拡充」の実施結果

(1) 対象とする自動車部品の選定および数量把握

実施事項 c-①において、事業化に向けてターゲットとなる自動車部品を選定し、必要な再生樹脂の数量を算出した。候補部品は、JAMA で公表している再生樹脂のなかで汎用 PP①と汎用 PP②をターゲット材とし、再生樹脂を適用できる可能性の高い部品を選定した。具体的には、汎用 PP①の候補部品として、揮発性有機化合物 (VOC : Volatile Organic Compounds) 要求仕様の厳しさが低いこと、また太陽光曝露が想定されないことを条件として、対象となる外装部品を選定した。製品の一例としては、カウルトップの内側に設置されているヒータエアダクトスプラッシュシールド (エンジン排熱の遮熱板) が挙げられ、その製品に PCR 材の混合比率 25wt% を適用すると年間の再生樹脂使用量は 4.5t/Y 相当となる。また、汎用 PP②の候補部品として、同様な理由から外装部品を選定し、さらに小石等の耐チップング(衝撃)特性が要求される部品を選定した。製品の一例としては、車体下のロッカーモールドを固定するロッカーパネルモールドイングリテーナークリップが挙げられ、その製品に PCR 材の混合比率 25wt% を適用すると年間の再生樹脂使用量は 15.5t/Y 相当となる。適用製品例と再生樹脂使用量および製品イメージを図 38 に示す。このように再生樹脂の使用量は限定的であり、安定供給の観点からも実現性は高いといえる。

適用材料区分	汎用PP①	汎用PP②
適用製品例	ヒータエアダクト スプラッシュシールド	ロッカーパネルモールディング リテーナークリップ
再生樹脂使用量	4.5トン/年	15.5トン/年



図 38 クリップの取付け部位および製品イメージ

(2) 対象とする自動車部品の品質評価

まず、2.1.4 節の実施事項 b-②において汎用 PP②をターゲットに改質した再生樹脂を上記クリップ向けに採用している樹脂に 25wt%混合した再生樹脂(混合樹脂)の初期物性評価を実施した。結果としては、JAMA の目標値をほぼ達成していることを確認した。また、クリップの製品評価を実施するために製品試作を実施し、量産想定連続成形においては、現行の採用樹脂と同等の成形性を有していることを確認した。

続いて、混合樹脂を使用して試作した製品の品質評価を実施した。まず、製品に求められる主な機能はロッカーモールドを車体に固定および保持することである。具体的な固定方法は、車体に空いた穴にロッカーモールドの穴を重ね合わせ、その穴に本製品を挿入し、ロッカーモールドを車体に固定する。挿入時の作業者の負担軽減が求められるため、製品の挿入力が重要な機能となる。また、さまざまな環境下においてロッカーモールドの脱落を防ぐ必要があるため、製品の抜去力も重要な機能となる。混合樹脂の挿入・抜去力については、バージン樹脂に対する差を指標とし、結果を表 13 に示す。本表から、混合樹脂の挿入力はバージン樹脂と同等で、抜去力も 2%と大差なかった。また、高温・低温・高湿・寒暖差等さまざまな環境下においても抜去力の低下を防ぐ必要があり、製品を挿入した状態で 4 種類の環境負荷試験を実施した後の抜去力を測定した。結果としては、バージン樹脂に対して 2~14%の差が発生したものの、増大傾向であり、脱落の可能性は低い。

ロッカーモールドは路面やタイヤの近くに設置され、小石等の衝突による製品の破損が懸念されるため、意図的に小石を製品に衝突させて製品表面の衝撃(傷付き)特性を把握するチップング試験を低温下にて実施した。図 39 にバージン樹脂と混合樹脂の試験前後の製品写真を示す。本図より、混合樹脂の試験後の製品表面の傷付き具合はバージン樹脂と同等であった。

また、車の走行時に常に製品に振動が負荷されるため、その振動によって製品の摩耗や白化、クラックが発生し、製品が脱落しないか把握する必要がある。ここでは、低温下と高温下にて合計数百万回の振動を製品に負荷して、製品の摩耗・白化・クラックが発生しないか確認するため、振動耐久試験を実施した。図 40 に混合樹脂の試験後の製品写真を示す。本図より、混合樹脂の試験後の製品には、摩耗や白化、クラックは確認されなかった。

最後に、薬品の付着により製品が劣化し、脱落の危険性があるため、耐薬品性試験を実施した。使用した薬品は、洗車時に付着するカーシャンプーやオイル漏れ等により付着する可能性の ATF やガソリン、その他に氷解液、錆止め剤等合計 20 種類の薬品を製品に塗布し、一定時間放置後にデジタル顕微鏡を使用して製品表面にクラックが発生していないか確認

した。薬品の塗布方法と観察方法を図 41 に示す。結果としては、すべての薬品に対して製品表面のクラックは確認されなかった。

表 13 混合樹脂の挿入・抜去力に関する試験結果

試験項目	混合樹脂 バージン樹脂に対する差 %
挿入力	0
抜去力	+2
高温放置試験後の抜去力	+2
低温放置試験後の抜去力	+14
熱サイクル試験後の抜去力	+10
ヒートショック試験後の抜去力	+9

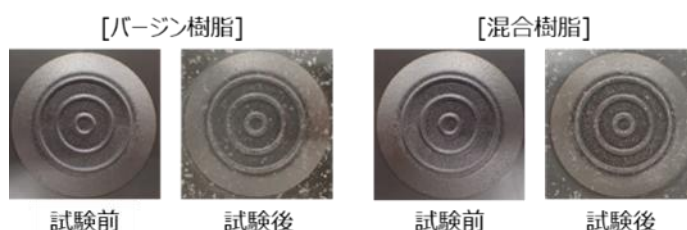


図 39 バージン樹脂と混合樹脂のチッピング試験前後の製品写真

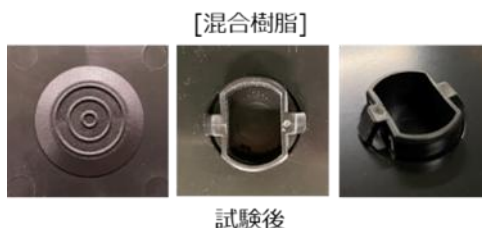


図 40 混合樹脂の振動耐久試験後の製品写真

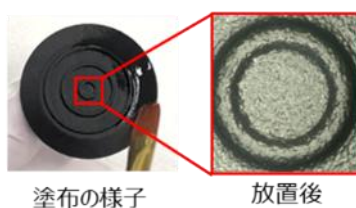


図 41 混合樹脂の耐薬品性試験の様子

2.1.6. d-①「トレーサビリティシステムの開発/機能拡充」の実施結果

(1) トレーサビリティシステムの開発における背景・目的

PCR 材を使用するにあたり、品質の安全性や透明性を確保することが重要とされている。また今後欧州 ELV 規則案が制定された場合、再生材のトレーサビリティが求められると見込まれている。そのために、PCR 材を使用した製品から、以下の情報を取得できる仕組みが必要となる。

- ①PCR 材の由来情報
- ②再生ペレットとなるまでの洗浄、改質の処理情報
- ③製品（自動車部品）における PCR 材の使用率

これらを取得するための仕組みとして、トレーサビリティシステムの開発を実施する。

(2) 開発の進め方

トレーサビリティシステムを開発するにあたり、以下の課題がある。

- ・取扱う具体的なデータ種類が未定
- ・必要なデータとその入力方法が未定

そのため、2025年度の4月から7月は要件定義工程とし、必要となる機能、データの洗い出しを実施した。2025年度8月以降は、アジャイル開発として随時開発を進めていく計画とした。

(3) 要件定義の実施結果

廃プラスチックの回収から再生ペレットを使用した製品の出荷までの業務フローを整理した。また、各工程におけるデータ登録の必要性およびトレーサビリティの対象とするデータも整理した。図 42 の橙色がトレーサビリティ対象のデータ、黄色がトレーサビリティ対象外のデータとしている。ただし、黄色のデータは、必要に応じて開示する情報としてシステムで管理する想定をしている。この業務フローから、必要な機能を整理した結果を表 14 に示す。

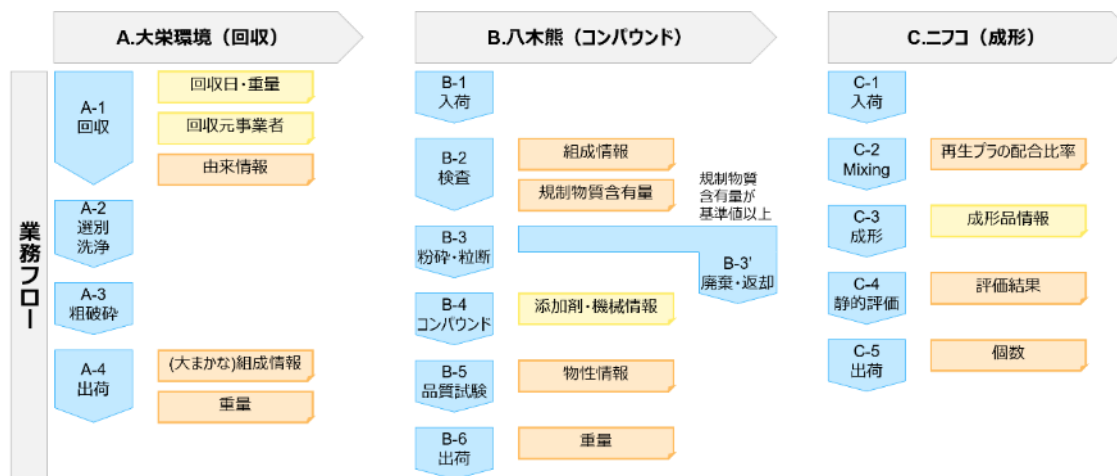


図 42 業務フローおよび取扱うデータ

表 14 トレーサビリティシステムの必要機能の整理結果

No.	機能領域	主要機能	取扱う主なデータ/手法	想定ユーザー
1	廃プラスチックのデータ登録	収集した廃プラスチックのデータ登録	<ul style="list-style-type: none"> 回収した日付 回収した重量 回収元の事業者/自治体 由来情報 	大栄環境
2	廃プラスチックのデータ追加	組成分析、規制物質等のデータ登録	<ul style="list-style-type: none"> 組成情報 (PP○%、PE□%等) 規制物質含有量 	八木熊
3	改質情報のデータ登録	改質前後の物性のデータ登録	<ul style="list-style-type: none"> 改質前の物性情報 改質後の物性情報 添加剤の使用量 改質の機械情報 	八木熊
4	成形のデータ登録	成形品の情報、使用した再生樹脂、静的評価のデータ登録	<ul style="list-style-type: none"> 製造した成形品の情報 使用した再生樹脂の種類と重量 製造した成形品の強度等の静的評価 	ニフコ
5	状態遷移の管理	改質、成形等プラスチックの状態が変化する際のデータ管理	<ul style="list-style-type: none"> 状態変化前-状態変化後の ID の対応付け 	八木熊 ニフコ
6	入荷出荷管理	入荷と出荷のデータ管理	<ul style="list-style-type: none"> 出荷品 ID-入荷品 ID の対応付け 	全社

(4) アジャイル開発 (1st Spr.) の実施結果

(4-1) アジャイル開発 (1st Spr.) の目標

1st Spr.では、2025年7月末時点で定義されたデータの登録およびトレーサビリティができるシステムを実装すること、各ユーザーにレビューおよび操作してもらい、新たな課題や必要な機能を洗い出すことを目標とした。

(4-2) アジャイル開発 (1st Spr.) の作成物

本開発期間中に開発した画面の一覧表を表 15、実装した画面を図 43 から図 53 に示す。

表 15 1st Spr. で実装した画面

図番号	画面名	概要
図 43	PCR 材出荷情報登録画面	大栄環境グループが回収した PCR 材の情報を登録する。また、その PCR 材の出荷先を登録する。
図 44	PCR 材出荷情報一覧画面	大栄環境グループが出荷した PCR 材のリストを表示する。
図 45	PCR 材入荷情報一覧画面	八木熊が入荷した PCR 材のリストを表示する。
図 46	改質情報登録画面	八木熊が実施した改質の情報を登録する。
図 47	再生樹脂出荷情報登録画面	八木熊が出荷した再生樹脂の情報を登録する。
図 48	再生樹脂出荷情報一覧画面	八木熊が出荷した再生樹脂のリストを表示する。
図 49	再生樹脂入荷情報一覧画面	ニフコが入荷した再生樹脂のリストを表示する。
図 50	成形品情報登録画面	ニフコが製造した成形品(自動車部品等)の情報を登録する。
図 51	成形品情報一覧画面	ニフコが製造した成形品のリストを表示する。
図 52	成形品出荷情報登録画面	ニフコが出荷した成形品の情報を登録する。
図 53	成形品出荷情報一覧画面	ニフコが出荷した成形品のリストを表示する。

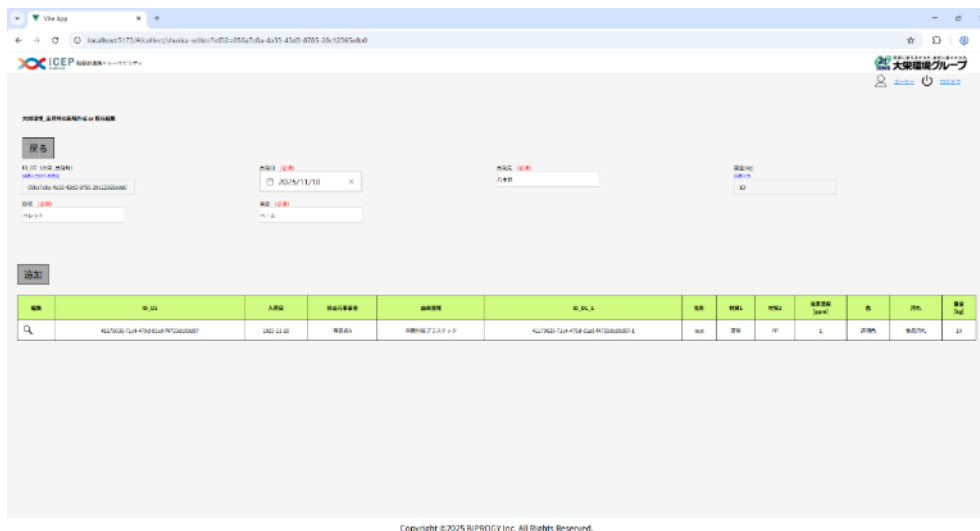


図 43 PCR 材出荷情報登録画面

<input type="checkbox"/>	検索	ID	出荷日	会社名	材質	数量	品名	数量	出荷先	出荷日
<input type="checkbox"/>	🔍	6211294-179-400-454-01804002	2025-11-05	東洋電機	PP10	100	東洋電機プラスチック	100	0200000001	Now
<input type="checkbox"/>	🔍	6999706-410-400-4701-2022100001	2025-11-08	ナカ電	PP	500	東洋電機プラスチック	10		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	346176216-617-400-4570-0403040007	2025-11-10	ナカ電	PP	東洋電機 2	東洋電機プラスチック	20		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	6446408-1041-400-4000-210105000001	2025-11-07	ナカ電	PP10	100	東洋電機プラスチック	100	0200000001	Now
<input type="checkbox"/>	🔍	110154-400-400-400-01010100010001	2025-11-10	ナカ電	PP	1101	東洋電機プラスチック	10		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	444-400-400-400-0101-0101010001	2025-11-10	ナカ電	PP	東洋電機 1	東洋電機プラスチック	10		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	6046110-400-400-400-0101010001	2025-11-11	ナカ電	PP	1101	東洋電機プラスチック	10		Now

図 44 PCR 材出荷情報一覧画面

<input type="checkbox"/>	検索	ID	出荷日	会社名	材質	数量	品名	数量	出荷先	出荷日
<input type="checkbox"/>	🔍	0701100-4701-400-400-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP	100	東洋電機プラスチック	10	0200000001	Now
<input type="checkbox"/>	🔍	1471000-0010-400-400-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP	100	東洋電機プラスチック	10	0200000001	Now
<input type="checkbox"/>	🔍	6460711-400-400-400-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP	100	東洋電機プラスチック	10		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	3720000-1001-400-400-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP	100	東洋電機プラスチック	10		Now
<input type="checkbox"/>	🔍	08-400-400-400-0101-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP10	100	東洋電機プラスチック	100	0200000001	Now
<input type="checkbox"/>	🔍	4200000-0010-400-400-0101010001	2025-11-10	東洋電機	PP	100	東洋電機プラスチック	10		Now

図 45 PCR 材入荷情報一覧画面

検索

商品ID検索: 数量検索:

商品ID: 6460711-400-400-400-0101010001

数量: 10

材質検索

メッシュタイプ	フィード	メッシュタイプ
1	2	3

	標準	品質	品質	品質	品質	品質	品質	品質	品質
標準	1	1	1	1	1	1	1	1	1
標準	2	2	2	2	2	2	2	2	2

図 46 改質情報登録画面

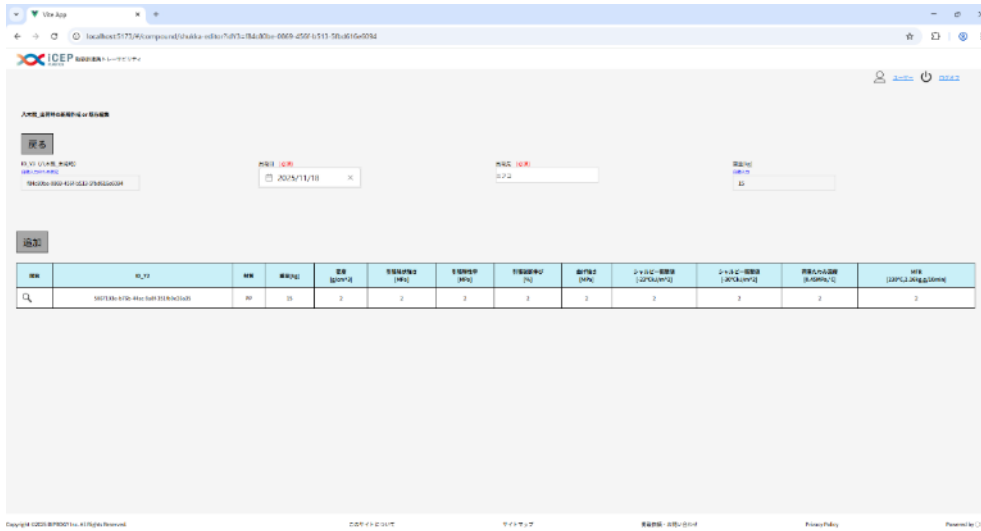


図 47 再生樹脂出荷情報登録画面

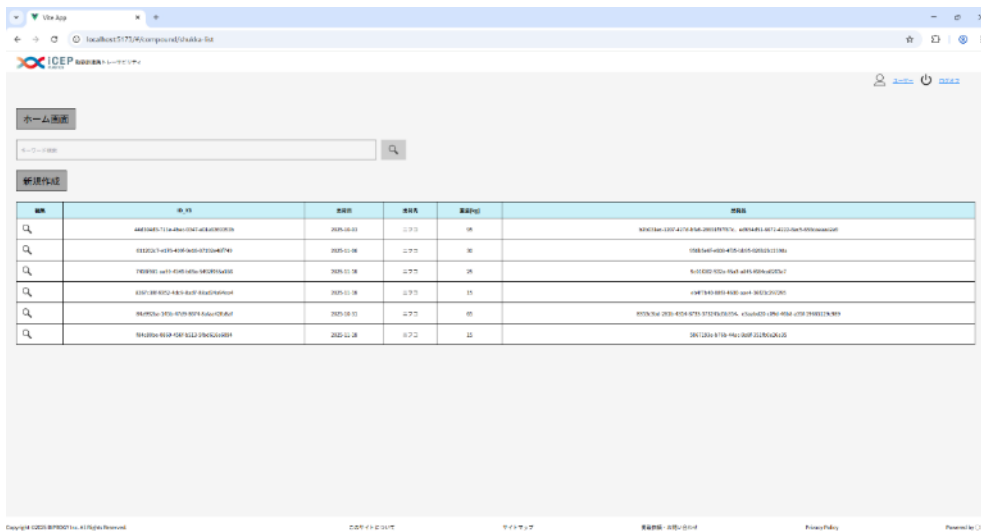


図 48 再生樹脂出荷情報一覧画面

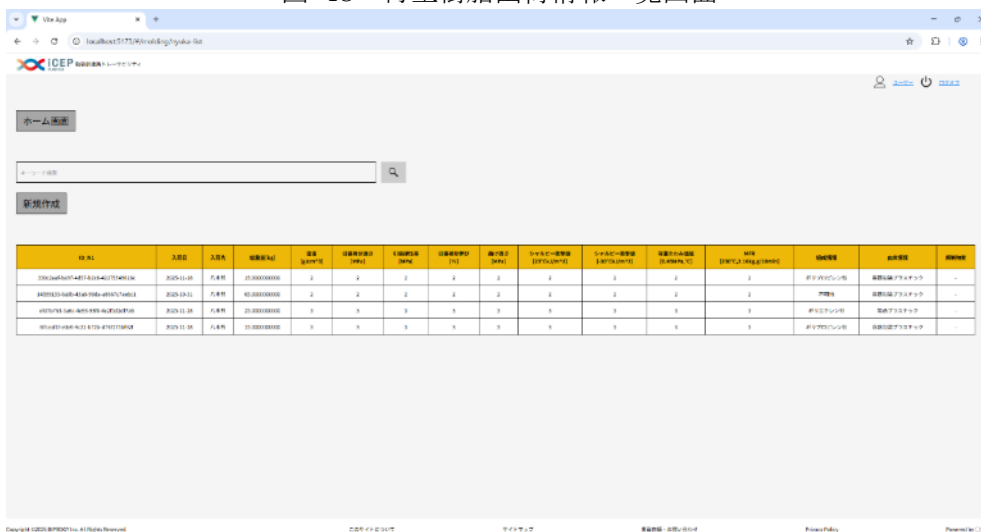


図 49 再生樹脂入荷情報一覧画面

ID	発注ID	発注日	発注先	数量	出荷日
704617148107-4527-0001-00000001	2023-11-08	ICEP	1	2023-11-08	
704617148107-4527-0001-00000002	2023-11-08	ICEP	81	2023-11-08	
4070704617148107-4527-0001-00000003	2023-11-08	ICEP	1	2023-11-08	

図 53 成成品出荷情報一覧画面

(5) アジャイル開発 (2nd Spr.) の実施結果

(5-1) アジャイル開発 (2nd Spr.) の目標

2nd Spr.では、「ログイン画面」と「データの検索」を実装した。これは、各データへのアクセスおよび閲覧の権限が制御されていることを確認することを目標として実施した。具体的には、1st Spr.で実装した各社の画面へのアクセス制御を司ること、およびデータが正しく追跡されていることを確認するためのアジャイル開発を行った。

(5-2) アジャイル開発 (2nd Spr.) の作成物

本開発期間中に開発した画面の一覧を表 16、実装した画面を図 54 から図 56 に示す。

表 16 2nd Spr.で実装した画面

図番号	画面名	概要
図 54	ログイン画面	トレーサビリティシステムで最初に表示される画面。ログインに成功した場合、アカウントに紐づけられた事業者のトップページに遷移する。
図 55	検索画面	材料、成成品等の ID を入力し、その前工程および後工程の処理の一覧を表示する。
図 56	状態遷移画面	モノの状態、または、所有者の変更の追跡を可視化したもの。処理の工程等の追跡が可能であることを確認した。

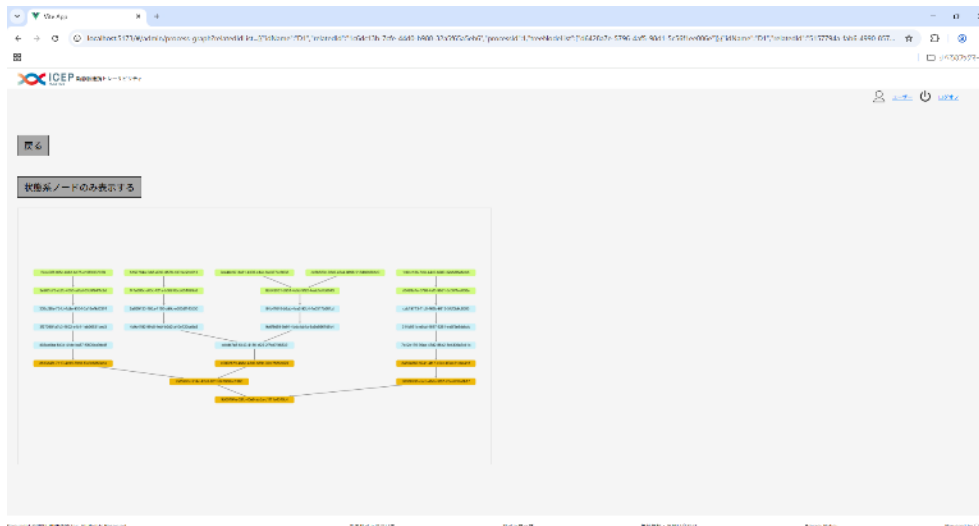


図 56 状態遷移画面

(6) 今後の開発

2025年4月～7月に定義した要件のうち、以下の項目がそれぞれ実装済/未実装となっている。ただし進捗としては対計画比100%の進捗度合いとなっている。

- ・表14に記した、取扱うデータはすべて登録できる機能は実装済。
- ・図42に記した“トレーサビリティ対象のデータ”を後工程の事業者に渡る機能は実装済。
- ・図42に記した“必要に応じて開示する情報として定義したデータ”を後工程の事業者に渡る機能は未実装。

実装済の機能に関して、各社の担当者に実際に操作してもらい、新たな課題や必要な機能を洗い出す。また、未実装の機能に関して実装を進めていく。

また、既に挙がっている新たな要件である、「CoC 認証 (Chain of Custody : 認証された原料が製品として出荷されるまでの流れを適切に管理・記録することで、トレーサビリティと透明性を確保するもの)」「CFP の計算 (CFP : Carbon Footprint of Product)」「各種管理機能」等の対応に取り組む。

2.1.7. d-②「配合シミュレータの構築指針の検討/配合シミュレータの開発/改良」の実施結果

(1) 配合シミュレータの開発における背景・目的

PCR材を高付加価値用途に活用するためには、

- (ア) 配合条件から最終製品の物性を予測すること
- (イ) 回収材に不足する酸化防止剤量を補正し、安定性を担保すること

の両立が重要である。本検討では、これら2つの方向性について調査・整理を行った。

(2) 配合シミュレータの大きな方向性

- (ア) 元材・添加剤の配合から物性予測

(ア-1) 目的

PCR 材をベースに、添加剤を組み合わせた配合条件を入力とし、機械的特性や耐候性等の物性値を予測するシミュレータを構築することを目標とした。

(ア-2) マルチモーダルディープラーニングの検討

配合シミュレータにおける物性予測は、単一の数値データだけでは精度に限界があるため、異なる種類のデータを統合的に扱うマルチモーダルディープラーニングの導入を検討した。

①対象データの多様性

- ・構造化データ：材料組成比率、配合条件（温度、圧力、混練条件等）
- ・画像データ：走査電子顕微鏡（SEM）画像や破断面写真によりフィラー分散状態や微細構造を把握
- ・スペクトルデータ：FT-IR、ラマン、蛍光スペクトル等
- ・実験計測値：力学特性（引張強度、衝撃強度、MFR 等）を教師データとして利用

②モデルアーキテクチャの候補

- ・複数の種類のデータを組み合わせる方法には、Early Fusion 型（最初にまとめる方式）、Late Fusion 型（後でまとめる方式）、Attention 統合型（重要な部分に注目してまとめる方式）がある。中間報告時点では、数値・画像・スペクトルを最初にまとめる Early Fusion 方式を第 1 候補とし、予測精度と結果のわかりやすさのバランスを重視する方針としていた。

③データセット設計と課題

- ・廃棄物という制約上、入手できるデータ量は限定的
- ・代表廃棄物ごとにサンプルを集め、カテゴリごとの特徴分布を整理
- ・データ拡張の活用（画像回転・反転・ノイズ、スペクトルシフト等）
- ・中間報告時点では、AI によるデータ自動生成（GAN 等）は必須ではないと整理していたが、その後の検討において、少数サンプルからの物性予測精度を向上させるためには GAN による仮想データ生成が有効であると判断し、後述（ア-4）の BigGAN（Big Generative Adversarial Network）マルチモーダル深層学習アルゴリズムの開発に至った。

④期待効果

- ・配合条件と物性値の予測精度向上
- ・構造や官能基の影響を学習に組み込み、「なぜその配合でその物性になるのか」を説明可能
- ・将来的には逆解析（所望の物性から配合条件を逆算）にも応用可能

(ア-3) SEM 画像の評価（予備調査）

マルチモーダルモデルの入力候補として、SEM 画像の有効性を検証する予備調査を実施した。プラダンボールのサンプルを対象とし、ペレタイズ条件(樹脂だまり装置)およびメッシュサイズが物性・画像に及ぼす影響を評価した。

SEM 画像サンプルを図 57、流動性試験の結果を図 58 に示す。棒グラフの結果から、ブランクと比較して「230/180」「250/180」条件ではメルトフロー値が上昇する傾向を確認した。また、メッシュサイズ（#60 と#120）の違いも結果に表れ、条件依存性が明確に示され

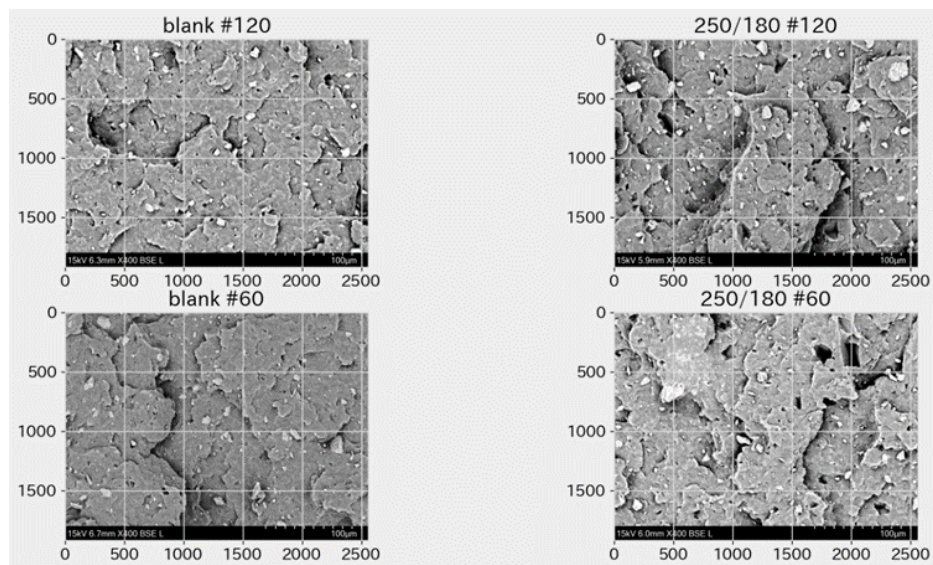
た。

SEM 画像の判別実験（畳み込みニューラルネットワーク（CNN、ディープラーニングの一種で画像認識に広く利用されている手法）による分類）の結果を図 59 と図 60 に示す。CNN を用いて条件ごとの判別を試みて比較した。画像=1 クラスにおいて、本来似通うはずの同条件画像を区別できたのは、条件固有性より画像固有の明暗やノイズを識別した可能性がある。これの対策としては、

- ・フォトメトリ補正（正規化、CLAHE（画像コントラスト調整）、フラットフィールド補正等による画像の補正）
- ・データ拡張（明るさ・コントラスト変動、ノイズ付与）
- ・領域標準化（スケールバーや余白クロップ、ランダムクロップ）
- ・モデル解釈（Grad-CAM で微細構造をみているか確認（入力画像のどの部分が予測に影響を与えたかの可視化）
- ・厳格なデータ分割（GroupKFold で画像リーク（本来使うことのできない情報をモデルの学習に使ってしまうこと）を防止）

が挙げられる。

また、メルトフロー値の条件差と、SEM 画像に基づく条件識別が一致している点は前向きな結果といえる。ただし、画像固有要素に依存するリスクが顕在化しており、前処理やデータ設計での改善が不可欠である。これらの結果より、予備調査として SEM 画像がマルチモーダル入力の有効候補であることを確認できた。



#120 / 60 : 造粒機のメッシュサイズ

250 / 180 : 樹脂だまり装置の温度

図 57 SEM 画像サンプル（条件差の例示）

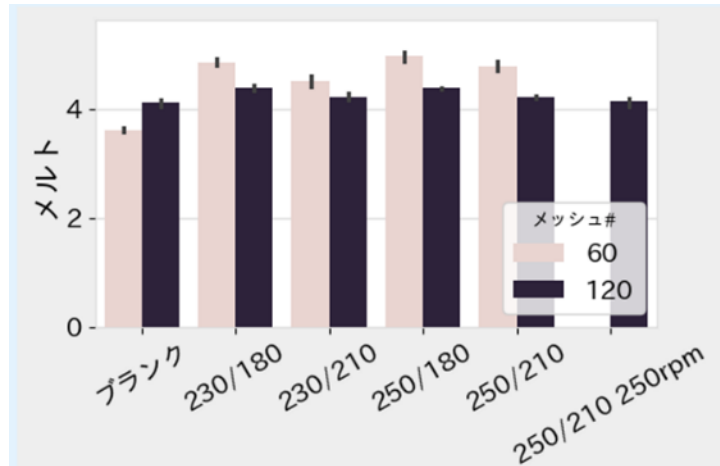
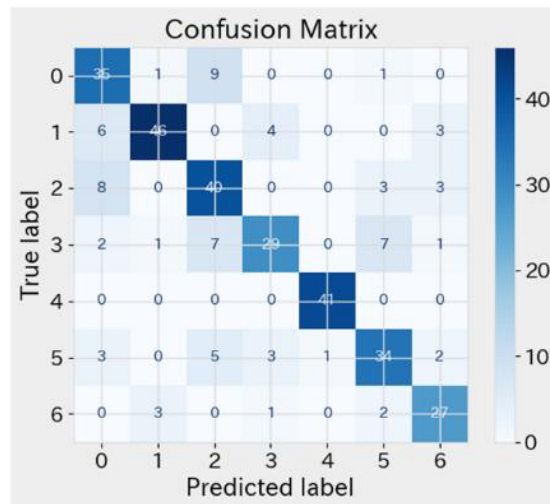


図 58 流動性試験結果 (棒グラフ)

x400 256x256 7classes

- 0: blank #120 (4)
- 1: blank #120 (5)
- 2: 250/180 #120 (8)
- 3: 250/180 #120 (9)
- 4: blank #60 (16)
- 5: 250/180 #60 (17)
- 6: 250/180 #60 (18)



マトリクスの見方：縦軸が正解ラベル、横軸がモデルが予測したラベルであり、同じラベル数値の交差点が予測が当たった

図 59 CNN による判別結果 (7 クラス分類 : 1 画像 = 1 クラス)

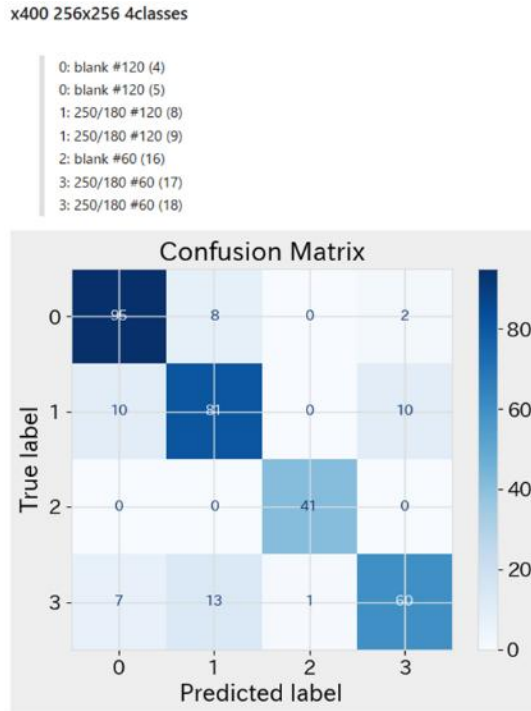


図 60 CNN による判別結果 (4 クラス分類 : 1 条件=1 クラス)

(ア・4) BigGAN マルチモーダル深層学習アルゴリズムの開発

上記 (ア・2) で検討したマルチモーダルディープラーニングの具体的なアルゴリズムとして、Muroga et al. (Advanced Science, 2023) ^{※13} が提案した BigGAN とマルチモーダル統合ネットワーク (MDL: Multimodal Deep Learning) を組み合わせた手法 (以下「元論文」という。) を、再生 PP 向けに適用・開発した。同論文はアクリル系多成分ポリマーブレンドを対象としたものであるが、組成条件から複数の物性値を同時予測するというアプローチは、多様な PCR 材を配合して目標物性を達成するという本事業の課題構造と合致するため、再生 PP 用に適用した。

※13 : Muroga S., Miki Y., Hata K., "A Comprehensive and Versatile Multimodal Deep - Learning Approach for Predicting Diverse Properties of Advanced Materials", Advanced Science, 2023, Vol.10, 2302508. DOI: 10.1002/advs.202302508,

<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.202302508>

①アルゴリズムの全体構成

本アルゴリズムは、条件付き BigGAN (Brock et al., ICLR 2019) ^{※14} によるデータ拡張 (仮想実験データの生成) と、MDL による物性予測の二段構成で動作する。全体のアーキテクチャを表 17 と図 61 に示す。処理フローとしては、まず 3 つの BigGAN を独立に訓練し、少数の実測データから大量の仮想データを生成する。つぎに、その仮想データを用いて MDL 予測モデルを訓練することで、限られたサンプル数でも高精度な物性予測を実現する。最終的には、多数の組成条件に対して物性値を一括予測する仮想スクリーニングが可能となる。

表 17 各モジュールの役割

モジュール	入力	出力	役割
SEM-GAN	ノイズベクトル+組成条件	SEM 画像 (128×128)	仮想 SEM 画像の生成
IR-GAN	ノイズベクトル+組成条件	FT-IR スペクトル (32×32)	仮想 FT-IR スペクトルの生成
Raman-GAN	ノイズベクトル+組成条件	ラマン スペクトル (32×32)	仮想ラマンスペクトルの生成
MDL 予測モデル	画像+FT-IR+ラマン+組成条件	複数の物性値	マルチモーダル統合による物性予測

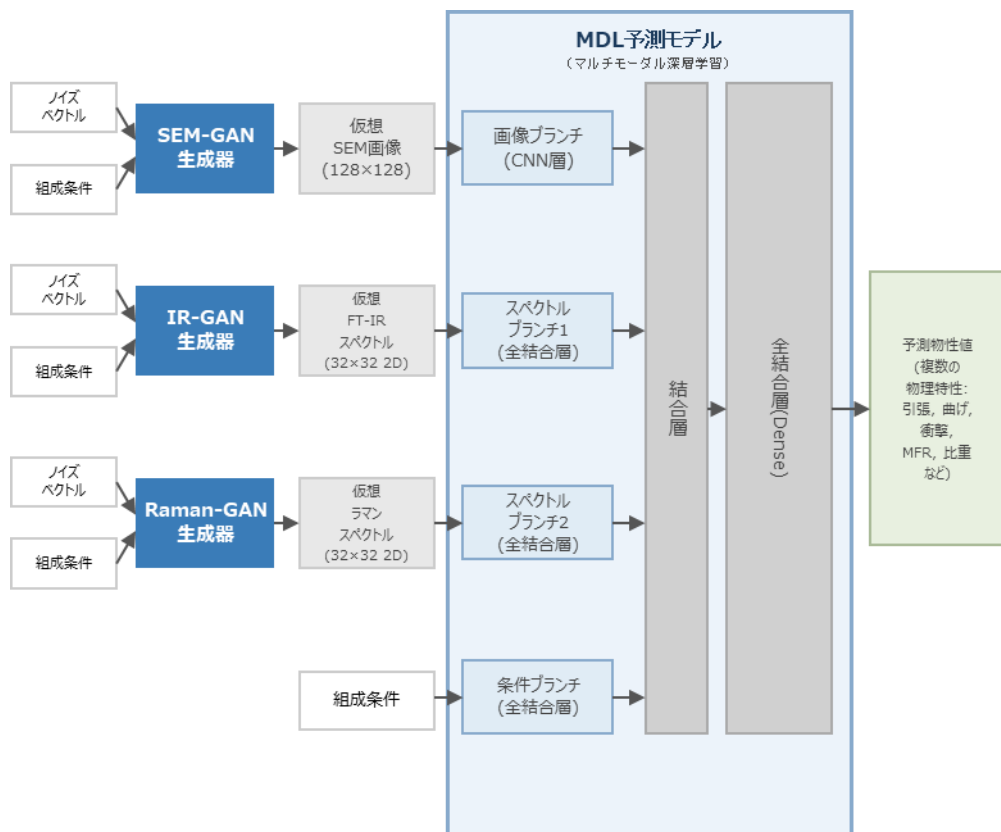


図 61 全体のアーキテクチャ

※14 : Brock A., Donahue J., Simonyan K., "Large Scale GAN Training for High Fidelity Natural Image Synthesis", ICLR 2019. arXiv: 1809.11096, <https://arxiv.org/abs/1809.11096>

②元論文からの主な適用変更点

元論文 (アクリル系) から再生 PP への適用にあたり、以下の表 18 のような変更を行った。

表 18 再生 PP への適用に向けた変更点

項目	元論文（アクリル系）	本事業（再生 PP）
対象材料	アクリル系多成分ポリマーブレンド（10 成分）	再生 PP（PCR 材 9 カテゴリ＋加工条件）
画像データ	光学顕微鏡（OM）画像	SEM 画像
組成条件	10 成分の配合比率（連続値）	元材カテゴリおよび加工条件（樹脂だまり温度・スクリー回転数等）
予測対象物性	8 つの物性値	引張特性・曲げ特性・シャルピー衝撃値・メルトフローレート・比重等

③ サンプルデータの構成

アルゴリズム開発にあたり、45 サンプルの物性試験データを使用した。サンプルは、大栄環境グループから提供された PCR 材を八木熊にて造粒・成形し、物性試験を実施したものである。元材カテゴリおよびサンプル数の内訳を表 19 に示す。

各サンプルについて、引張試験（最大応力、最大変位、破断応力、破断変位、破断伸び、弾性率）、曲げ試験（最大応力、最大変位、破断応力、破断変位、弾性率）、シャルピー衝撃試験、メルトフローレート測定、比重測定を実施した一部のサンプルでは破断に至らないケースや、測定条件の制約により一部項目が未測定のものが含まれるが、これらの欠損パターンもデータの特性として扱う設計とした。酸化劣化の測定としては、FT-IR/ラマンのスペクトル対比を使用した。例としてプラダンボールにおける FT-IR/ラマンのスペクトル対比結果を図 62 に示す。プラダンボールでは、FT-IR によりカルボニル（C=O）ピーク領域（約 1715 cm^{-1} 付近）の検出がないことから、酸化劣化が起きていないことがわかり、ラマンにより PP の結晶度が高いことが読み取れることから、物理劣化が起きていないことがわかる。回収する元材の劣化状態情報として FT-IR/ラマンのスペクトル対比結果が有効である。

表 19 元材カテゴリおよびサンプル数の内訳

元材カテゴリ	サンプル数	主な加工条件のバリエーション
食器類	3	樹脂だまり温度条件、ブランク
カゴ	5	樹脂だまり温度条件、ブランク
衣装ケース	5	樹脂だまり温度条件、ブランク
家庭用プラ	3	樹脂だまり温度条件、ブランク
ASR	5	樹脂だまり温度・スクリー回転数条件、ブランク
その他 PP	4	樹脂だまり温度条件、ブランク
プランター・バケツ	7	樹脂だまり温度・スクリー回転数条件、ブランク
容り (容器包装プラスチック)	6	光学選別回数条件
プラダン (プラスチックダンボール)	7	添加剤種類・配合率条件、バージン、ブランク
合計	45	

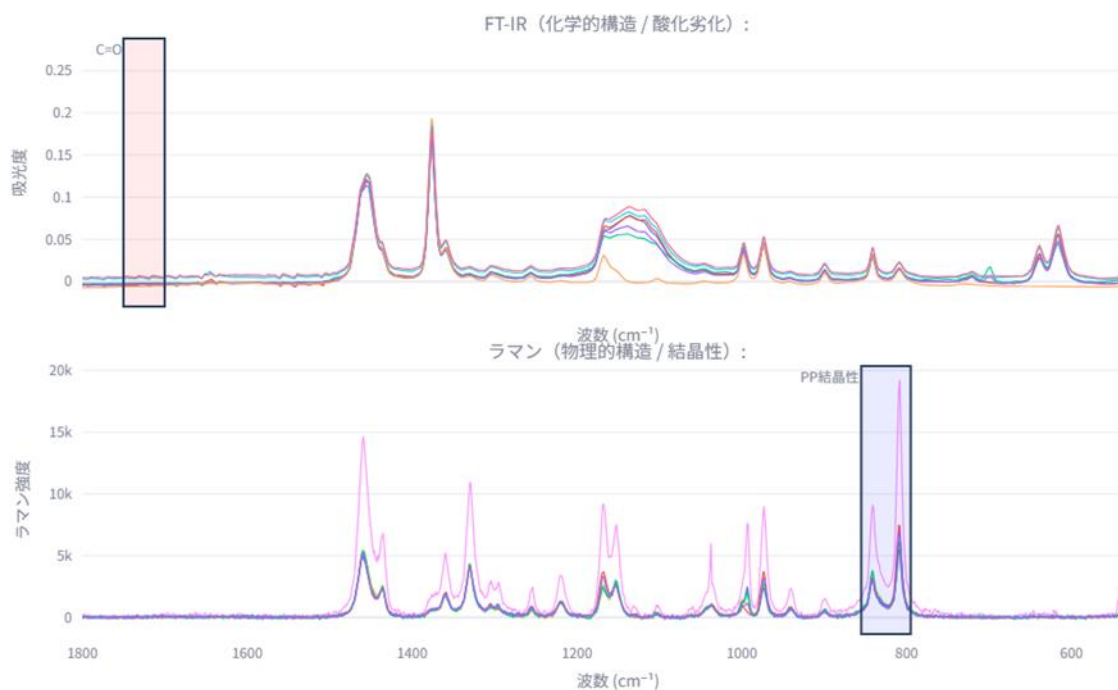


図 62 FT-IR / ラマン スペクトル対比 (プラダンボール)

④BigGAN の技術的特徴

BigGAN は、画像生成分野で高い性能を示す深層生成モデルである。本アルゴリズムでは、組成条件を連続値ベクトルとして Generator および Discriminator に注入する「条件付き GAN」として構成している。主な技術的特徴は以下の通りである。

- ・条件付きバッチ正規化 (Conditional Batch Normalization) : 組成条件ベクトルを Generator 内の各層に注入し、組成に応じたデータ生成を制御する。
- ・スペクトル正規化 (Spectral Normalization) : 全層に適用し、訓練の安定性を確保する。
- ・自己注意機構 (Self-Attention) : 画像やスペクトルの大域的な構造パターンを捉える。
- ・Hinge Loss : Generator と Discriminator の学習に使用する損失関数
- ・スペクトルデータの 2D 化 : FT-IR およびラマンスペクトル (1 次元データ) を 2 次元配列に変換し、画像と同じ BigGAN アーキテクチャで処理可能とする。

⑤MDL 予測モデルの構成

MDL 予測モデルは、SEM 画像・FT-IR スペクトル・ラマンスペクトル・組成条件の 4 種類の入力を、それぞれ独立にエンコードした後、統合層 (Concatenate) で結合し、全結合層を経て複数の物性値を同時予測する構成である。図 63 に概要を示す。

- ・画像ブランチ : 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) により SEM 画像の空間的特徴を抽出
- ・スペクトルブランチ : 全結合層 (Dense) により FT-IR・ラマンスペクトルの特徴を抽出
- ・組成条件ブランチ : 全結合層により組成条件の特徴を抽出
- ・統合層 : 上記 4 ブランチの出力を結合し、全結合層で物性値を予測



図 63 MDL 予測モデルについて

(イ) 酸化防止剤の追添加量推定

最終製品の性能・寿命を担保するために、迅速かつ低コストで運用可能な手法を構築する

ことを目標としたうえで、PCR 材の劣化状態を把握して必要な酸化防止剤の追添加量を推定する。

①検討する視点

- ・元材評価：引張試験・曲げ試験・シャルピー衝撃試験・流動性試験、FT-IR、LC-MS、DSC、TGA-DSC、ケミルミネッセンス、SAXS/WAXS 等
- ・分析手法の現実性：ケミルミネッセンスは数日を要するため、実運用には不向き
- ・データの関連性：組成・構造・劣化状態に相関があり、FT-IR から劣化を推定できる可能性

②モデル化の方向性

- ・DSC/TGA-DSC による劣化評価モデル
- ・FT-IR を用いた劣化推定モデル（運用時の中核）
- ・破断面画像や LC-MS を補助情報として利用

③今後の課題

- ・FT-IR ベースモデルの精度向上
- ・実材を用いたケーススタディでの妥当性検証
- ・酸化防止剤以外の安定剤（リン系、硫黄系、HALS 等）の影響も考慮したモデル拡張

今年度は、FT-IR のみのデータで劣化状態のアルゴリズム構築を行った。次年度は OIT のデータを取得し、モデル性能の向上とシミュレーション結果を踏まえた実際の評価試験を実施する。なお、(ア) で記述したマルチモーダルモデルに (イ) の機能を内包している。

(3) まとめ

配合シミュレータの開発は、(ア) 配合から物性予測と (イ) 酸化防止剤追添加量推定の二本柱で推進した。(ア) については、マルチモーダルディープラーニングの検討を経て、Muroga et al. の BigGAN マルチモーダル深層学習手法を再生 PP 向けに適用したアルゴリズムを開発した。SEM 画像が入力候補として有望であることを確認するとともに、9 カテゴリ・45 サンプルの物性試験データを用いたアルゴリズムの基盤構築を完了した。(イ) は FT-IR を中核とした劣化評価モデルの構築が焦点であり、実運用を意識した迅速評価法の開発を進めた。本年度はアルゴリズムが構築可能であることを確認した段階であり、今後は、より多くのデータセットの蓄積により探索領域を広げるとともに、シミュレーション結果に基づく実際のペレット造粒・成形による予測値と実測値の照合を通じて、モデルの妥当性を検証し、配合条件の最適化を支援するシミュレータの実用化を目指す。

2.1.8. アドバイザーとの会議

本実証事業では、トヨタ自動車および本田技研工業をアドバイザーとしている。助言を受けた事項は以下の通り。

- 懸念物質 (substance of concern (SOC)) について、欧州では廃棄物枠組指令において「廃棄物の卒業」(廃棄物枠組指令第 6 条) について、プラスチックも定義しているという話がある。RoHS、REACH、POPs にも要件が求められそうな方向性となっており、欧州域外から輸入されるプラスチック製品も対象になりそうと聞いて

いる。本事業の取組みにおいても懸念物質の考え方はこれら欧州動向を踏まえて欲しい。

- 樹脂だまりの効果がなぜ発現するのか、なぜシャルピー衝撃値が向上するのか、考えを整理してほしい。
- 配合シミュレータにおける SEM 画像と物性値の関連について、樹脂だまりの内部構造の違いも含めて配合シミュレータにも効いてくると思われるので、原因の解明は重要。
- 汎用 PP に適合する再生材の供給可能量を増やしてほしい。

欧州の動向については ELV 規則案の議論および 2025 年 12 月 23 日に発表された再生プラスチックの利用拡大に向けた政策パッケージ等をフォローしていく。引続き各助言事項を踏まえながら実証事業の実施設計を行っていく。

2.2. 実施結果を踏まえた考察

2.2.1. 事業の有効性

JAMA が公表した「2050 年長期ビジョンと中長期ロードマップ」では、2045 年において他産業再生材等を約 30 万 t 調達する必要があるとしている^{*15}。これに対し、図 6 の算出結果をみると、仮に大栄環境グループが取扱っている廃プラスチックのうちのすべての PP を回収し、全量を自動車業界に活用とした場合、約 5.7% 貢献できる計算となる。実際には、すべての PP を回収するのは難しいうえに、他産業への活用も行っているため、貢献割合は減少するが、今後プラスチックの取扱量を増加させるとともに、再資源化率の向上に向けた取組みを進めていく予定である。また、図 5 に示す日本全体における 3 つの PCR 材の PP 賦存量をみると、産業廃棄物系の PP では、30 万 t に対し余裕がほとんど存在していないため、一般廃棄物系の容器包装プラスチックと製品プラスチックを用いた再生樹脂グレード開発が必須となると考えられる。そのため、本事業において、プラダンボール等の品質の優れたものから自動車再生樹脂グレード開発をしつつ、ノウハウを蓄積しながら同時並行的に容器包装プラスチックや製品プラスチックを用いた自動車再生樹脂グレード開発を行うことの社会的有効性は高いと考えられる。

また、実施事項 b において、プラダンボールは物性・組成・規制化学物質のスクリーニングの観点から自動車業界への適用可能性が高い品目となることがわかった。また、プラダンボールは図 19 のような分別収集を行うことで、コンタミネーション（異物混入）の可能性が低くなることもあり、非常に有効性が高い品目といえる。建設廃棄物のリサイクルが難しいと言われている課題のうち、コンタミネーションは大きな課題の 1 つである。建設現場で排出されるプラスチックは「廃プラスチック類」として取扱われ、混合された状態で産業廃棄物処理施設に輸送される。そのなかから、特定の性状・材質のものだけを収集・選別するのは困難である。想定と異なる材質や異物が混合した状態で造粒すると物性の低下、組成の均一性、意図しない規制化学物質の含有等の可能性がある。こうした課題があるなかで、プラダンボールは市場に広く認知されているため、分別収集の提案をしやすく、単一品目として回収が容易な特徴を有していると考えられる。

また先述したように、容器包装プラスチックと製品プラスチックを用いた再生樹脂グレ

ード開発は引続き重要課題である。本年度の事業において、ASR の物理劣化回復を福岡大学の樹脂だまり装置で試みた結果、シャルピー衝撃値が向上することを見出すことができた。これは今後の ASR を用いた再生樹脂グレード開発に良好な見通しをつける成果である。今後も同様に、同装置での容器包装プラスチックや製品プラスチックを用いた試験を実施していき、質と量の確保に貢献していく。

※15：一般社団法人日本自動車工業会、再生材活用促進に向けた自工会の取組みについて・2050 年長期ビジョンと中長期ロードマップ（含む自主目標値）-、2025 年 7 月

2.2.2. 事業の実現性・継続性

大栄環境が実施した組成調査結果と八木熊が実施した PCR 材の品目ごとの物性分析結果を基に、品質と量の両面から自動車再生樹脂グレード開発の対象とする品目を決めることができた。とりわけ、プラダンボールは、汎用 PP②を目指した改質を行うことで、ニフコが製造するクリップ向けの再生樹脂（25wt%配合）を製造でき、初期物性評価において JAMA の目標値をほぼ達成していることを確認できた。トレーサビリティシステムの開発および配合シミュレータの構築指針の検討も順調に進んでいるため、2026 年 2 月現在、概ね実施事項 a～d いずれも計画通りといえる。

量産体制の構築という観点から言えば、グレード開発の第一弾として取組んでいるプラダンボールについては、建設工事において一般的に一定量の排出が見込めるほか、金属製品・ゴム製品メーカーや倉庫を保有するロジスティクス業界等の他産業からの排出も想定されるため、ニフコの必要量を回収し、再生材として供給することが十分に可能と見込んでいる。今後、回収量の確保に向けて排出元となる建設事業者における分別活動の推進を行うとともに、収集から自動車部品への適用までの一連の事業採算性を評価し、事業化が見込めるか検討する予定である。また、プラダンボール以上に大きなポテンシャルが見込まれる容器包装プラスチックや製品プラスチック等のほかの品目の評価は 2 年目から本格着手予定である。

2.2.3. 事業の発展性

本事業は初年度にして、自動車部品への再生樹脂適用という目標に向けた複数の技術的知見を得ることができた。以下に、本事業が今後どのように社会・産業・技術の各側面で発展しうるかを示す。

① 適用できる PCR 材の多様化・拡大による発展性

本年度はプラダンボールを優先素材として自動車部品への適用可能性を確認した。しかし、本事業が最終的に目指す量産体制の構築においては、プラダンボール単品では量の確保とはならない。本年度の成果から、容器包装プラスチック・製品プラスチック・ASR 等、複数の PCR 材が物的に活用できる見込みが得られており、これらへの展開が進めば、大栄環境グループが取扱う廃プラスチックのなかで、日本全体の PP 賦存量 30 万 t (JAMA 2050 年ビジョン必要量) に対し、最大で数%単位の貢献が見込める。

② 対象部品・対象車種への展開による発展性

本年度はロッカーパネルモールディングリテーナークリップという小型部品にお

いて再生樹脂（PCR 材 25wt%配合）の適用を確認した。JAMA の物性目標値をほぼ達成しつつ、挿入・抜去力、振動耐久、チッピング、耐薬品性という実機能評価もクリアしたことは、再生樹脂が「物性数値の達成」にとどまらず「製品機能の担保」まで可能であることを示すものである。

次年度以降は、ヒータエアダクトスプラッシュシールド等の中型部品、さらには大型部品への展開を検討しており、MFR 改善を伴う材料処方最適化と成形シミュレータの開発を組み合わせることで、適用可能な部品の種類・サイズを段階的に拡大していく。対象部品・対象車種が増えるにつれて、本事業で構築するサプライチェーンの経済的スケールが拡大し、再生樹脂グレードの量産採算性の向上にもつながる。

③ 「物性マッチング」による新たな品質保証方法

従来、再生樹脂の自動車部品への適用においてはバージン材と同等の物性が求められ、これが利用拡大の最大の障壁となっていた。本事業で実証された「特定部品の機能要件（挿入・抜去力、耐チッピング性等）を満たせば、基準未達の樹脂でも適用可能である」というアプローチは、品質保証の考え方を根本から変えるパラダイムシフトである。今後、部品ごとの要求仕様と再生樹脂の実力値を紐づける「部品適性マッピング」と「物性下限値の規格化」が進むことで、この手法が自動車業界における再生樹脂活用の新たなデファクトスタンダード（標準モデル）へと発展する可能性がある。

④ 「バラつき許容型」の革新的製造プロセスの確立

PCR 材の利用において避けて通れない「ロットごとの物性のバラつき（MFR やシャルピー衝撃値の変動）」に対し、本事業では完璧なコンパウンド（造粒）のみに頼るのではなく、成形時における工夫も組み合わせることで再生材のバラつきを許容することができる。具体的には成形金型内センサーと AI を連動させた「動的成形条件制御」によるプロセス側での吸収を目指す。この「素材のブレを成形機側で動的に補正する」というアプローチは、プラスチック射出成形産業へ横展開可能な革新的なスマートマニュファクチャリング技術となる。

⑤ デジタル基盤（シミュレータ・トレーサビリティ）のプラットフォーム化

本年度、BIPROGY が開発したトレーサビリティシステムおよび BigGAN マルチモーダル深層学習に基づく配合シミュレータは、本事業のコンソーシアム内での活用にとどまらず、将来的に業界全体の共通デジタルプラットフォームとして機能する可能性を持つ。とくに以下の 3 点において発展性がある。

- トレーサビリティシステムの CoC 認証対応

トレーサビリティシステムは欧州 ELV 規則案が要求する CoC（Chain of Custody）認証への対応を見据えて設計されており、認証を取得した際には本システムを活用した再生材の信頼性証明が、自動車メーカーへの供給における競争優位につながる。

- 配合シミュレータの汎用プラットフォーム化

配合シミュレータは 45 サンプルという限られたデータを基盤としつつも、GAN（敵対的生成ネットワーク）による仮想データ生成と、FT-IR・ラマン・SEM 画像を組み合わせたマルチモーダル学習を採用しており、次年度に 300 サンプル規模へ拡充することで予測精度が飛躍的に向上する見通しである。将来的には「廃プラスチックの組成情報を入力すると、自動車部品別の最適配合

レシピと物性予測値が出力される」汎用プラットフォームとして、他のコンパウンダーや廃棄物処理事業者にも横展開できる可能性がある。

- 造粒・成形シミュレータの一体化による量産品質安定
成形シミュレータとの連携により、造粒から成形までを一貫して最適化するシステムへと発展することで、再生材特有のロット間変動への自律的対応が可能になり、量産工程における品質安定化を実現する。

2.2.4. 事業の効率性

定例的な会議は基本ウェブで行っており、効率化に努めている。各社の実験や分析作業においては、既存の保有設備・機器を活用することで、費用発生を抑制している。BIPROGYが担当するシステム開発においては、既存リファレンスを活用した開発手法を取ることで効率的なシステム開発に努めている。

3. 今後の実証事業実施における課題および解決方法

3.1. 現状の課題

(1) 実施事項 a に関する課題

量産を見据えた自動車部品向けの PCR 材の確保のためには、図 5 に示す PP 賦存量に基づいて、できるだけ多くの量の PP を収集・選別することが重要である。とりわけ、プラダンボールについては、実施事項 b、c により自動車部品適用の可能性が高いことがわかっており、取扱量の増加を図る必要がある。しかし、2.1.2 節 (2) で述べたように、プラダンボールを現状の状態のまま排出現場から受入れ、汚れやシール等の除去作業を人の手で行った場合、単価が約 2,600 円/kg となり、市場価格の数十倍のコストとなってしまうことが明らかになったため、排出現場での異物除去等を含めた分別活動が重要と考えられる。また、2.1.1 節 (4) で述べたようにプラダンボールは定常的に発生しないことがわかったため、分別回収をより多くの現場で実施し、安定的にプラダンボールを確保できる体制を整えることが求められる。さらに、建設系プラスチックにとどまらず、他の産業から排出されるプラダンボールやフレコンバッグについても回収ポテンシャルを調査し、回収量が見込める排出現場については分別活動を実施することも重要である。

2.2.1 節で述べたように、再生樹脂グレード開発をするうえで、一般廃棄物系の容器包装プラスチックと製品プラスチックの活用が必須であるが、図 28 にあるような異物を収集・選別の段階でできる限り除去する必要がある。さらに、スナック菓子の袋や詰め替えパウチ等のプラスチックは、アルミ蒸着物のものが多く、金属分が異物となるため、自動車部品への適用にあたっては除去対象となる。しかし、2.1.2 節 (3) で述べた試験結果から光学選別機を複数台導入したとしてもアルミ蒸着物 4~7%は残存してしまうことがわかり、光学選別機での完全な除去は困難であることが明らかになった。量産を見据える場合、光学選別機だけでなく比重選別装置等の設備を組み合わせるとともに、図 20 よりも高度な設備ラインを構築し、除去することが求められると考えられる。

本事業において、ターゲットとしている材質は PP であるが、一般廃棄物系の容器包装プラスチックと製品プラスチックの PP のみを収集・選別し、自動車部品へ適用した場合、容器包装プラスチック、製品プラスチックに含まれる PE・PS・PET・PVC 等のほかのプラ

スティックの量産可能な選別体制の整備と再生材の活用方策の検討が必須となる（活用先は必ずしも自動車部品に限らず、建設土木品等の他産業での活用が必要）。容器包装プラスチックの再資源化事業は、既存の容器包装リサイクル法・プラスチック資源循環法に基づいて行う必要があり、再生処理事業者の要件となる公益財団法人日本容器包装リサイクル協会が定める収率と品質の基準^{※16}をクリアする必要がある。このため、PP 以外の材質も含めた施設・事業トータルでのマテリアルリサイクルの設計が必要である。

※16: 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会、プラスチック製容器包装の事業者登録に必要な 8 項目、<https://www.jcpra.or.jp/recycler/pla/>

(2) 実施事項 b に関する課題

品質の高い素材をいかに高い収率で自動車部品に適用できるかが課題と考えられる。プラダンボールは他の品目が混合する可能性は低いが、使用用途によりシールや接着剤等の異物が付着することがある。そのため、異物等の除去方法も含め、プラダンボールの取扱い可能量の増加に向けた使いこなし技術の開発も今後検討していく。

また PCR 材という素材の特性上、物性値のバラつきが発生する。プラダンボールのシャルピー衝撃値の向上を図るための改質試作を実施しているが、物性値のバラつきを加味したうえで JAMA の物性目標値を達成させる必要がある。また、シャルピー衝撃値を向上させる改質を行うと、曲げ強度等の数値が低下する傾向にある。すべての物性値を満たすため、最適な材料配合レシピを作成する必要がある。

さらに、今後適用できる自動車部品の種類あるいはサイズの種類を増やすためには、ASR および容器包装プラスチック・製品プラスチックの物理劣化回復技術を用いた高度再生プロセスを確立する必要がある。これらに関しては、既に樹脂だまり装置の適用性を検討し、良好な方向性が見込まれる結果を得ている。今後さらに最適な条件を見出すための試作を継続するとともに、その成果の汎用性を図るためのメカニズムの解明にも取り組む必要がある。

(3) 実施事項 c に関する課題

現状、再生樹脂を 25wt% 混合した混合樹脂は JAMA の物性目標値をほぼ達成しているが、シャルピー衝撃値等一部の物性値は現在採用しているバージン樹脂の値に到達していない。この点については、製品評価を実施した結果として、製品機能として問題ないと判断できた。ただし、再生樹脂特有の原資の回収ロットによる物性値のバラつきも懸念事項として挙げられ、製品機能を満たすための物性値のバラつきに対する許容範囲の把握が必要となる。また、今回対象とした製品は太陽光が直接当たらない場所であるため、再生樹脂は耐候処方を行っておらず、汎用性を高めるために今後は耐候処方の検討も必要となる。また評価対象とした製品は小型部品であるため、成形加工時における材料流動性の影響は限定的であると判断した。

一方で、本評価結果をより汎用的に適用するためには製品サイズの拡大を想定した検討が必要である。とくに、大型部品への適用を検討する場合には成形加工時の樹脂流動挙動に対して MFR の影響が大きくなることが知られている。そのため今後の研究においては、対象製品のサイズ拡大を想定するとともに MFR の影響を含めた材料特性評価を行う必要がある。

さらに、大物部品への適用可能性を検証するためには、成形条件および材料流動特性を含めた評価範囲を拡張し、より包括的な検討を行うことが求められる。

(4) 実施事項 d に関する課題

トレーサビリティシステムの開発において、共同実施者と定期的なミーティングを実施し、仕様を決めている一方で、実際のユーザーの意見および実際に操作してみたときの所感を受けていない。ユーザーに各種データを入力してもらうが、実際に運用可能かどうか検証が必要である。また、CoC 認証に必要な情報の一部が登録できていない。さらに、記録すべき項目や粒度の要求レベルが不明であり、現場で実際にどこまで記録可能かも把握できていない。

配合シミュレータの開発においては、現状ディープラーニング等の AI モデル構築を行うための実験結果データが同一の条件下で取得できていない。これは実施事項 b において複数のサンプルにおいて各々異なる造粒条件や改質手法を試している段階で、一定の条件や手法が定まっていないためである。

3.2. 課題の解決方法

(1) 実施事項 a の課題に対する解決方法

2026 年 2 月現在、安定的なプラダンボールの確保に向け、2.1.2 節 (2) で述べた建設現場での分別活動を実施する現場数の増加に向けた取組みを進めている。今回の分別活動は、2 社 3 現場で実施しているが、この 2 社については全現場への展開も視野に検討を進めている。また、まだ分別活動を実施していないゼネコン数社に対しては、本取組みを紹介し、現場数の増加に向けた協力依頼を出している。建設現場での分別活動を普及させるためには、廃棄物を保管できるスペースに応じた分別パターン(分別する対象物や異物の除去方法)を検討し、現場ごとに適した分別ルールを提案可能とすることが重要と考えられる。そのため、2.1.2 節 (2) の取組みを継続的に実施していくなかで得られた知見を基に、さまざまなゼネコンの建設現場に対応した汎用性の高いルールを策定していく予定である。また、ルールをより広範に浸透させるためには、業界全体の知見と協力を得る必要があると考えており、業界団体・有識者との接点構築および意見交換も今後実施していく。

3.1 節 (1) で述べたように、PP を選別したとしても、他の材質が混ざって単一品とならないことやシール・接着剤等の異物が付着することに対しては、光学選別機による選別だけでなく、比重選別機等による選別が不可欠である。今後、2.1.2 節 (3) の試験結果に加え、前処理工程や洗浄粉碎・比重選別工程の効率化・高度化を図るための検討を実施する予定である。具体的には、アルミ蒸着物の除去に寄与することが示唆されている遠心分離機^{※17}の性能試験を外部施設で実施し、定量的なデータを取得する。さらに、図 20 に示されていないその他の選別設備についても調査を進め、量産を見据えた選別ラインの設計を進める予定である。

※17：遠心力を用いて比重差のあるプラスチックを分離できる設備

(2) 実施事項 b の課題に対する解決方法

今後、プラダンボールの改質技術の開発(シャルピー衝撃値の向上)においては物性のバラ

つきを考慮した材料配合の検討を進めるとともに、建築系プラスチックにおける他品目の検討も進める。とくに、品質と量の観点からフレコンバッグの造粒に着手する。さらに、量の観点から、容器包装プラスチックや製品プラスチックに関しても添加剤や樹脂だまり装置等を用いた改質を行い、再生樹脂グレードの開発を進める。

また、樹脂だまり装置により ASR のシャルピー衝撃値が向上したメカニズムに関する考察ならびに解析を行うことも、今後の品質安定の観点から重要である。自動車由来のプラスチックの物理劣化回復に関しては、本年度のプラスチック成形加工学会で、日産自動車がバンパー材を対象に、樹脂だまり装置を用いた検討を発表しており、この際も耐衝撃性が向上していることが示されていた^{*18}。これら複合材の衝撃強さ発現メカニズムは非常に複雑であるが、マトリックスの PP に関しては核磁気共鳴分析装置 (NMR) 等を用いた分子運動性の評価が重要と考えられる。またフィラー等とマトリックスの界面剥離によるエネルギー吸収が作用している場合には、透過型電子顕微鏡 (TEM) 等による破断面観察が考えられ、今後順次検討を進める。

※18：西川直樹ら、熔融樹脂溜り付き二軸押出機による自動車バンパー材料の物性回復調査、プラスチック成形加工学会第 3 回秋季大会予稿集、F-202、2025 年 11 月 12 日

(3) 実施事項 c の課題に対する解決方法

3.1 節 (3) で記述した通り、混合樹脂とバージン樹脂の物性値の差異が製品に与える影響度を把握するために、次年度は再生樹脂の混合比率を高めて製品評価を実施することで限界比率を見極める。それにより、再生樹脂の物性値の下限値を規格化し、再生樹脂の原資の回収ロットによる物性値のバラつきを把握するとともに、必要に応じて、原資の受入れ検査および物性調整を実施するプロセスを導入する。さらに、汎用性の高い再生樹脂にするため、耐侯処方の検討も実施する。

また、評価対象を中～大型のモデル部品に拡張するため、MFR の改善に向けた材料処方の検討を実施するとともに、成形挙動および成形品質に及ぼす影響について体系的な検証を行うことが求められる。また、成形シミュレーション等の解析手法を併用することで、材料流動特性と成形条件との関係を事前に評価し、中～大型部品への適用可能性をより包括的に検討することが可能になると考えられる。

以上のような追加検討を通じて、材料流動特性を含めた包括的評価を実施することにより、本事業で得られた知見の適用範囲をより広範な製品領域へ拡張できる可能性が示唆される。

(4) 実施事項 d の課題に対する解決方法

トレーサビリティシステムの開発においては、各社ごとに想定ユーザーを選定してもらい、実際に操作した所感を聞き取る。CoC 認証に関しては、製造ライン・機器、保管場所の登録機能を整備し、実証実験を通じて現場で記録可能な項目および粒度を把握する。その結果を踏まえ、実運用に適した記録レベルを検討する。

また、配合シミュレータの開発において、今年度は 3.1 節 (4) の課題を所与の条件とするが、次年度以降、条件や手法が定まってきた際に同一条件下での実験データを基にモデル構築を行うことを考えていく。一方で、画像を用いた CNN を用いることで、モデルの精度向上に寄与することがわかってきたため、今年度は、画像の撮影方法 (光学顕微鏡または走

査型電子顕微鏡)、撮影倍率による違いを分析し、より簡便で効果的な手法を検討した。

3.3. 次年度以降の助成事業展開

本年度の進捗を基に、2026年度(2年目)の具体的な計画を下記に示す。

3.3.1. 想定する事業の内容

(1) 実施事項 a の次年度の事業内容

大栄環境グループが主として行う実施事項 a については、図 2 に示す当初の計画通りに事業を進める予定であるが、今年度の進捗を基に、次年度の実施事項をより具体化できたため、下記にまとめる。

図 2 の実施事項 a-①において、2026 年度は「量産を見据えた PCR 材のサンプル収集」と「廃棄物由来情報のデータ整理・リスト化」を実施する想定であったが、本年度において、プラダンボールの自動車部品への適用可能性が高いことが明らかになった点や量の確保の視点から他産業から発生する PCR 材についても対象とすることが重要と考えられた点から次年度において、容器包装プラスチック、製品プラスチック、建設系プラスチックだけでなく、金属製品・ゴム製品メーカーや倉庫を保有するロジスティクス業界等から発生するプラダンボールやフレコンバッグ等の PCR 材の発生ポテンシャル調査およびサンプル収集を実施する予定である。具体的には、大栄環境が収集しているオフィス系の PCR 材にどのようなものがあるか、取引先にヒアリングする等を行う。また、引続き自動車部品への適用可能性が高いかつ回収量が見込める品目があるかどうかについても調査し、より良いものが発見できたときは次工程につなげる。

次年度の実施事項 a-②においては、2.1.2 節 (2) で述べた建設系プラスチックにおける特定品目の回収量増加に向けた排出現場の分別ルール策定に関する取組みを引続き行う。具体的には、連携しているゼネコンへの廃プラスチックの分別状況や廃棄物保管スペースに関するヒアリング調査を実施、地域・建物種別等と保管スペースの相関性の傾向把握を行い、現場の制約条件を把握する。これにより、排出現場の大きさごとに汎用性の高い分別方法を検討し、複数社連携型の分別回収スキームを提案する。さらに、建設業界の有識者との接点構築および意見交換も実施したいと考えている。さらに、大栄環境保有施設へ搬入された分別済みの建設系プラスチック等を対象に、品目ごとの重量等を集計し、建設工事の段階ごとの発生品目の傾向を把握していく。

また、2.1.2 節で得られた成果も活用しつつ、既存の中間処理施設における選別度合いの限界値を整理し、量産に向けた新規施設に求められる選別技術とのギャップを明らかにする。それに伴い、最低限必要とされる保管・処理スペース等の制約条件も明らかにする。さらに、上記の取組みに基づき、回収する対象物に合わせた選別プロセスを複数シナリオ検討し、各シナリオごとに量・質の確保に資する課題整理および評価を実施していく。

次年度の下期では、図 28 で確認できた異物が付着しているサンプルを対象に、組成データを調査し、異物の混入による影響を確認し、改善策を検討する。また、3.2 節 (1) で述べたアルミ蒸着物の除去に寄与する遠心分離機の性能評価等を行うことで、量産を見据えた選別ラインの設計を進め、3年目の実施事項につなげていく。

(2) 実施事項 b の次年度の事業内容

八木熊が主として行う実施事項 b について、主たる事業は図 2 に示す当初の計画通りに進めていく予定であるが、物理劣化回復技術の検証は今年度から引続き、次年度も実施していくこととする。下記に具体的な実施事項をまとめる。

前期製造した建設由来原料、製品プラスチック由来原料、容器包装プラスチック由来原料の TEM 分析を行う。本分析によりマトリックス配向緩和と分散構造が ASR と比較し、どのような挙動を示すかを確認する。また、再現性確認のため、複数回 ASR の樹脂だまり装置を用いた試験を行うことでシャルピー衝撃値の向上効果が見込めるか、また TEM 分析結果に変化がないかを確認する。

また、プラダンボールのバラつきを考慮した再生樹脂の試作を継続するとともに、成形する自動車部品の拡大に向けた MFR の改善に関する検証試作を実施する。

さらに、量の確保の観点からフレコンバッグやバラつきが発生する容器包装プラスチック、製品プラスチック由来等の PCR 材においても自動車部品の採用基準を満たした再生樹脂の試作を実施する。これにより、PCR 材 25wt% 配合で JAMA 目標汎用②の物性値を上回る再生樹脂の製造を目標とする。

容器包装プラスチックの再生材については、現状の市場における量産体制で生産可能な再生材の実力値を把握することを目的として、以下の取組みを実施する。

まず、容器包装プラスチックの再生材は、回収する自治体や収集スキーム、再商品化事業者によって組成や物性が異なることが想定されるため、複数のサンプルを比較分析することが重要である。そのため、大栄環境グループが生産する容器包装プラスチック由来の再生材に加えて、他の容器包装プラスチック再商品化事業者が生産する再生材を調達し、組成分析（PP 純度、PP 以外の樹脂種の混入割合等）および機械物性を比較分析することで、現状の量産体制における再生材の実力値と事業者間のバラつきの実態を把握する。

つぎに、自治体側での分別収集および容器包装プラスチック指定法人（公益財団法人日本容器包装リサイクル協会）の指定保管施設での選別処理が再生材の品質に与える影響を把握するため、再商品化事業者において選別処理を行う前の状態のサンプル（ベール品）についても組成分析を実施する。なお、プラスチック資源循環促進法第 33 条に基づく一括回収スキームにおいては、自治体側での選別を行わずに一括回収されるため、このスキームを対象とする場合は選別前サンプルが当該スキームにおける標準的な投入品質に相当する。これにより、自治体の分別収集精度や一括回収スキームの種別が再生材品質に与える影響を把握し、上流段階での品質管理の要否と方向性を検討する。

また、容器包装プラスチックは回収のタイミング・季節・自治体の収集状況によって混入異物の種類や混入率が変動することが想定されるため、同一の調達先からも時期を分けて複数月にわたりサンプルを収集する。これにより、月別・ロット別の物性変動幅（バラつきの範囲）を定量的に把握し、自動車部品への適用において許容すべき物性変動の上下限値の設定に向けた基礎データを蓄積する。

以上の取組みを通じて、次の 2 点を次年度の成果目標として設定する。第一に、自治体から再商品化事業者への引渡し段階における品質管理クライテリア（組成・異物混入率等の受入基準の見極め）の設定に向けた根拠データの整備である。第二に、再商品化事業者が生産する再生材段階において、自動車部品への適用を視野に入れた場合に最低限確保すべき物性水準のクライテリア（改質前段階における品質クライテリア）の見極めである。これらのクライテリアは、量産化設計および品質保証体制の構築における基準値として活用する。

(3) 実施事項 c の次年度の事業内容

3.2 節 (3) で記述した通り、混合樹脂とバージン樹脂の物性値の差異が製品に与える影響度を把握するために、次年度は再生樹脂の混合比率(例えば 50%、75%等)を高めてバージン樹脂との物性値の乖離を大きくし、製品評価を実施することで限界比率を見極める。それにより、再生樹脂の物性値の下限値を規格化する。また、初年度より大きな部品への適用可能性検証として他の自動車部品(例えばヒータエアダクトスプラッシュシールド等)の品質評価も同様に実施し、再生樹脂の波及性についても検討を行う。

(4) 実施事項 d の次年度の事業内容

トレーサビリティシステムは引続きアジャイル開発にて事業を進める予定であるが、「ユーザー評価の反映」および「トレーサビリティシステムへの機能追加」を進めていく。

① ユーザー評価の反映

トレーサビリティシステムが現場で実際に活用できるかどうかを確認するため、ユーザー評価を通じた実用性の検証を重視する。とくに、業務フローへの適合性や現場でのデータ取得・運用の実現可能性を中心に評価を行い、要件の妥当性を確認することを目的とする。具体的には、以下の観点等でユーザー評価を実施する。

- ・システムが想定しているデータを現場で確実に取得・記録できるか
- ・実物とデータの対応が現場で正確に実施できるか
- ・トレーサビリティシステムを業務フローに組み込めそうか
- ・要件の考慮漏れや運用上のギャップがないか

上記の一環として、大栄環境・八木熊・ニフコ以外のユーザー(例：富山環境)の実証実験も実施予定である。25 年度に定義した要件が特定の会社に特化したものなのか、多くの会社に共通するものなのか、の確度を高め、より汎用的に利用できる要件を定義していく。

② トレーサビリティシステムへの機能追加

25 年度で構築したトレーサビリティ機能に新たに必要となったデータの登録機能の追加、およびトレーサビリティの信頼性向上に取り組む。具体的には以下を実施する。

(主な実施事項)

- ・製造ライン、使用機器、保管場所の登録機能
- ・CFP 計算機能
- ・データ改ざん対策(データ変更時の通知機能)

表 20 トレーサビリティシステムの次年度実施事項

分類	必要な機能/実施項目	実施事項
トレサビ基本機能	上流企業の由来・物性・規制化学物質のデータ登録	実操作検証
トレサビ基本機能	トラブル対応（遡り＋影響範囲推定）	実操作検証
トレサビ基本機能	CFP（入力項目定義＋収集）	機能開発
信頼性・認証系	証跡（PDF）添付・参照	機能開発
信頼性・認証系	改ざん対策	機能開発
信頼性・認証系	後工程への自動通知（訂正影響通知）	機能開発
信頼性・認証系	製造ライン、保管場所の登録（CoC、SPC 考慮）	機能開発
ユーザー操作性	業務フローへの組み込みの検証	実操作検証
ユーザー操作性	現場テスト→改修（UI/UX 改善）	実操作検証

これらの機能を 26 年度の上期に実装し、下期に実証実験を実施する。データの登録機能に関しては、記録項目や記録粒度が適切かを検討する。CFP 計算では、消費電力を後追いで登録する必要があるため、そのデータ登録の操作、トレーサビリティ済みのデータへの追記、に対する課題を洗い出す。

配合シミュレータは、下記に示す①②を次年度に実施する。

①本年度に開発した BigGAN マルチモーダル深層学習アルゴリズムについて、実用的な予測モデルへと高度化（以下、造粒シミュレータ）する。具体的には、より多くのサンプルデータの蓄積によるマルチモーダルデータセットの拡充、OIT の学習データへの組み込みおよびシミュレーション結果に基づく実際のペレット造粒・成形を通じた予測値と実測値の照合による妥当性検証を行う。これにより、PCR 材の配合条件から最終製品の物性を予測し、最適な配合レシピを提示できるシミュレータの実用化を目指す。データセットの拡充においては、300 程度のサンプルでの機械物性（八木熊他にて実施）、電子顕微鏡写真、FT-IR、ラマン分光は BIPROGY で実施する。

②造粒シミュレータに加え、成形条件のシミュレータの検討に着手する。再生材を用いて高品質な製品を安定的に製造するためには、配合条件の最適化だけでなく、射出成形等の成形工程における条件最適化が不可欠であり、その理由は以下の 3 点を仮説として置く。

i. 化学的ポテンシャルと物理的実現のギャップ

造粒シミュレータは、材料の配合（レシピ）に基づき発現しうる物性の最大値を予測するものである。しかし、射出成形時のせん断力が過大であると、材料が物理的に損傷を受け、配合シミュレータで予測した物性が発現しない。物理劣化のない加工条件を導出するためには、成形条件に特化したシミュレータが必要となる。

ii. 再生材特有の不純物による流動バラつきへの対応

バージン材と異なり、再生材には微細な無機物等の不純物が含まれることがあり、これが成形機のバルブや流路に影響を及ぼすことで、ショットごとに流速のバラつきが生じる。造粒シミュレータは均質な材料を前提としているため、不純物混入時の流動不安定性を考慮した成形条件の補正には、成形シミュレータが必要である。

iii. ロット間変動への適応制御

再生材は、同一グレードであっても入荷ロットによって物性が変動する。現状はオペレーターの経験に基づく手動調整で対応しているが、安定した品質を確保するためには、金型内センサー（圧力・流速等）と連動した AI シミュレータにより、ロットごとの粘度変動に応じて射出速度や温度等の成形条件を動的に最適化する仕組みが求められる。

造粒シミュレータは「最適な材料スペックを持つ再生ペレットの設計」を担い、成形シミュレータは「そのペレットを不純物やロット差の影響を受けずに製品化するための最適成形条件の導出」を担う。再生材で高品質な製品を安定して製造するためには、これら両輪のシミュレータを連携させ、配合条件から成形条件までを一貫して最適化することを最終的なゴールとなる。来年度（2年目）は、上記仮説を机上検証するための調査や実装方針の検討を行い、3年目は2年目の調査結果を踏まえて成形シミュレータの PoC を行う。

3.3.2. 設備導入内容

今年度の樹脂だまり装置を用いた物理劣化回復技術の検証により、ASR のシャルピー衝撃値において顕著な向上効果を示すことができたが、その他の素材においてはまだ物性回復効果を発現させることができていないため、再現性のある技術としてのメカニズムを明らかにするには至らなかった。そのため、次年度での八木熊への設備導入は行わず、福岡大学保有の樹脂だまり装置を用いた造粒試作を引続き実施していくこととした。これにより、物理劣化回復技術のメカニズムを解明し、シャルピー衝撃値および引張の物性向上を定量的かつ再現性のある技術とするための検証を行う予定である。

3.3.3. 事業の実施体制

実施体制の変更はないが、トレーサビリティシステムの PoC については、共同事業者の各者に加えて、他のリサイクラーやコンパウンダーにも実証協力を依頼し、PoC の成果を充実させることを検討する。

3.3.4. 事業スケジュール

本年度の事業は、図 1 に示した提案書時点のスケジュール通りに概ね進めることができた。また、本年度の進捗を基に、次年度以降の事業スケジュール（図 2 と図 3）を修正したものを図 64 と図 65 に示す。

(1) 実施事項 a の次年度以降の事業スケジュール

大栄環境グループが実施する実施事項 a-①と a-②においては、本年度の進捗を基に、2026 年度に実施する内容をより詳細に示した。2027 年度の事業スケジュールについては、現状変わらず、図 3 と図 65 は同様である。

「a-①量産を見据えた PCR 材のサンプル収集および廃棄物由来情報の整理」においては、下記に示す①-1 から①-3 の 3 つの作業を行う予定である。①-1 は上期までに完了し、10 月以降に①-2 を実施する。また、①-2 と同時並行的に実施事項 d と連携しながら①-3 を実施

する予定である。

- ①-1：建設系プラスチック以外の他産業から発生する自動車部品への適用可能性が高い PCR 材の発生ポテンシャル調査
- ①-2：自動車部品への適用ポテンシャルが高いことが確認できた PCR 材のサンプル収集
- ①-3：廃棄物由来情報のデータ整理・リスト化

「a-②量産に向けた収集・選別ラインの検討」においては、下記に示す②-1から②-6の作業を実施する。②-1はまずはじめとして2026年度上半期で実施する。②-2は継続的な調査が必要と考えられるため、通年で実施する。また、現状の建設系プラスチックの実態を整理し、量産を見据えた選別ラインを構築するうえでのギャップを把握するために、2-③は2026年度上半期で実施し、その進捗に基づいて2-④は中期以降から実施する。さらに、2-⑤は下期に実施する。これらの成果をもって、最終的に2-⑥を年度末に実施する予定である。

- ②-1：建設系の排出現場の環境調査
- ②-2：排出現場から回収された建設系プラスチックの実態調査
- ②-3：現状の選別課題の抽出
- ②-4：回収する対象物に応じた選別プロセスの評価
- ②-5：異物除去割合の向上に向けた異物混入サンプルの組成調査
- ②-6：建設系プラスチックの排出現場の分別ルールの策定

(2) 実施事項 b の次年度以降の事業スケジュール

八木熊が実施する実施事項 b-②と b-③と b-④においては、本年度の進捗を基に、2026年度に実施する内容をより詳細に示した。b-②は、当初の予定では今年度で終了する見込みであったが、樹脂だまり装置に関する取組みは来年度も継続して実施する方針となっている。2027年度の事業スケジュールについては、現状変わらず、図 3 と図 65 は同様である。

「b-②自動車部品用の再生樹脂製造に向けた検討」においては ASR および容器包装プラスチックに素材を限定し、検証を行う。

「b-③材料のアップサイクル造粒試作」においてはプラダンボールのさらなる改質試作の検証およびフレコンバッグの改質試作を進める。さらに、容器包装プラスチックの物性測定を実施していくことで自動車部品への適用可能性の検討を行う。

「b-④再生樹脂グレードの開発」においては製造した材料を供給できる体制(生産設備、品質測定機器等)の検討を行う。

(3) 実施事項 c の次年度以降の事業スケジュール

ニフコが実施する実施事項 c-①は、3.3.1 節 (3) で記述した通り、上期にて再生樹脂の混合比率を高めて製品評価を実施することで限界比率を見極める (下記①-1)。また、下期において、他の自動車部品を試作し、同様に品質評価を実施する (下記①-2)。

- ①-1：PCR 材を用いた再生樹脂の混合比率を上げた場合の品質評価(製品①)
- ①-2：PCR 材を用いた再生樹脂の混合比率を上げた場合の品質評価(製品②)

(4) 実施事項 d の次年度以降の事業スケジュール

BIPROGY が実施する d-①は、下記 4 つのパートに分けたスケジュールにて実施予定である。

- ①-1 : アジャイル開発(4th Spr.)
 - ・ 25 年度版の機能のユーザー評価の実施
 - ・ 製造ライン、使用機器、保管場所の登録機能
- ①-2 : アジャイル開発(5th Spr.)
 - ・ 4th Spr の開発機能のユーザー評価の実施
 - ・ CFP 計算機能
 - ・ データ改ざん対策（データ変更時の通知機能）
- ①-3 : アジャイル開発(6th Spr.)
 - ・ 5th Spr の開発機能のユーザー評価の実施
 - ・ ユーザー評価 FB の対応
- ①-4 : システムテスト
 - ・ 6th Spr の開発機能のユーザー評価の実施

実施事項 d-②は、造粒条件シミュレータにおいては、2026 年度上期に八木熊で造粒する試験片の FT-IR、ラマン等のデータを採取し、モデルの改良を行う。また並行して、成形条件シミュレータの検討を開始する予定である。

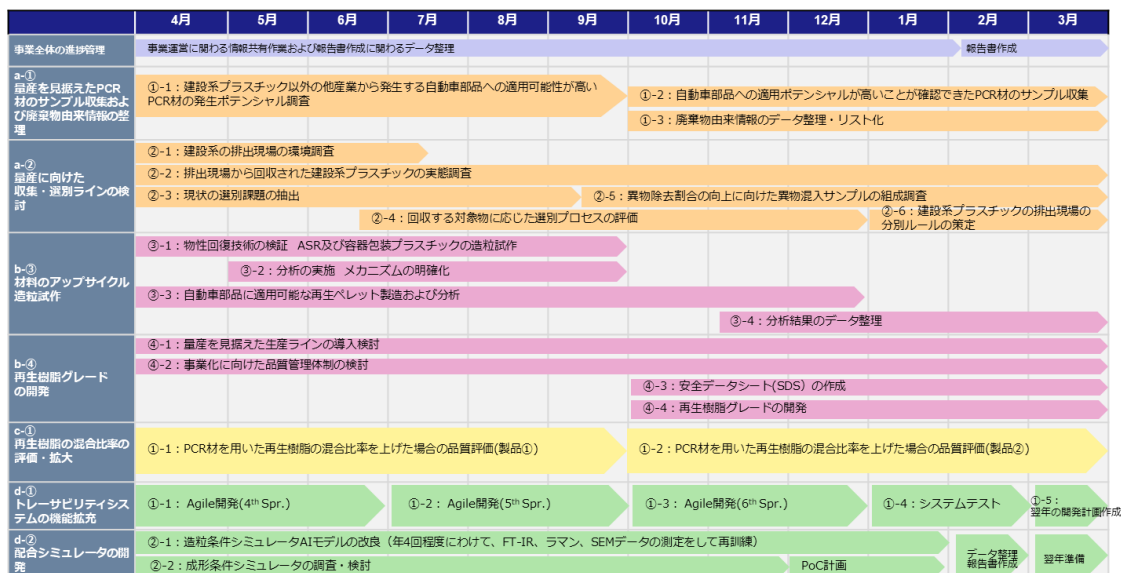


図 64 本年度の成果を基にした 2026 年度の事業スケジュール

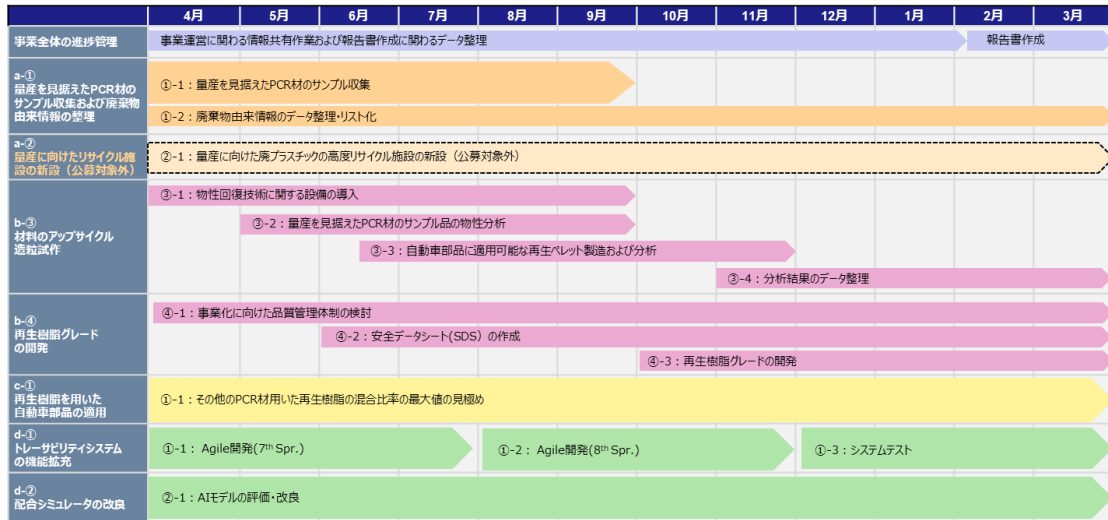


図 65 本年度の成果を基にした 2027 年度の事業スケジュール

3.3.5. 資金計画

表 21 資金計画

内 訳	2026 年度当初予算	2026 年度変更申請	差異
1) 人件費	13,146,400	13,146,400	0
2) 事業費			
② 旅費	91,120	91,120	0
③ 借損料	0	0	0
④ 消耗品費	0	0	0
⑦ 通信運搬費	65,000	65,000	0
⑨ 外注費	15,000,000	20,000,000	+5,000,000
⑩ 共同実施費	115,245,979	124,937,002	+9,691,023
3) 一般管理費	1,995,378	1,995,378	0
合 計	145,543,877 円	160,234,900 円	+14,691,023 円

【主な変更事由】

- 外注費：タイボーへのコンサルティング
 - 当初計画のノウハウ提供、助言に加えて、下記の通り容器包装プラスチックの材料適用可能性検討を実施
 - (概要) 容器包装プラスチック由来再生材の実力値把握のため、大栄環境グループ品に加えて他の再商品化事業者が生産する再生材を調達し、組成・物性の比較分析を実施する。また、再商品化事業者における選別処理

が品質に与える影響を把握するため、選別前ペール品の組成分析も行う。さらにロット間のバラつきを把握するため時期を分けた複数回のサンプル収集を実施する。

- ① 他社サンプルの調達（容器包装プラスチック再商品化事業者より、時期を分けて複数月収集）
 - ② 組成分析：再商品化事業者による選別前（ペール品・一括回収品）および選別後の各段階での成分把握
 - ③ 物性測定：JAMA 目標項目の測定による改質前再生材の実力値の把握
 - ④ 上記データに基づく自治体引渡し段階の品質受入クライテリア、再商品化事業者の再生材（改質前）段階の品質クライテリアの見極め
- 共同実施費：
 - 八木熊：総額増加せず
 - ✧ 樹脂だまりは継続検討のため購入せず
 - ✧ 材料開発・分析工数増加のため人件費増
 - BIPROGY：総額増加
 - ✧ セキュリティチェックの繰越
 - ✧ 配合シミュレータ向けデータ収集目的の分析機器使用
 - 福大：総額増加せず
 - ✧ 機器メンテナンス

4. 事業化の計画

本事業の成果を基に想定される XtoCAR に関する量産体制の事業化について言及する。

4.1. 想定する事業

(1) 事業の全体像：「XtoCAR」サプライチェーンの社会インフラ化

本事業の結果を踏まえた事業化の中核は、多様な廃棄物由来の PP 系廃プラスチック（PCR 材）を自動車部品用再生樹脂として循環させる「XtoCAR」サプライチェーンを、商業スケールで確立することである。具体的には、①廃棄物収集・選別（大栄環境）、②配合・再生ペレット製造（八木熊）、③自動車部品成形・供給（ニフコ）、④デジタルトレーサビリティ（BIPROGY）の一気通貫バリューチェーンを事業化し、欧州 ELV 規則案および JAMA の 2035 年目標（他産業再生材等 約 30 万 t 調達）に先行対応する供給体制を構築する。

事業化の背景と根拠を 1 年目実績は以下の通り。

- PCR 材 25wt%配合で JAMA 汎用 PP②目標達成（目標 15%を上回る配合率で自動車部品に適用可能）
- ロッカーパネルモールディングリテーナークリップにおいて挿入・抜去力、振動耐久（数百万回）、耐薬品性（20 種）など全機能評価クリア
- DINS 関西新施設での光学選別試験で PP 純度 88%達成、量産選別ラインの設計根拠データ取得

- RoHS 指令 10 種 全品目規制値以下確認（化学物質規制リスクなし）

（2）事業モデルの概要

本事業では、以下の 3 層からなる収益モデルを想定する。

収益層	内容	主な担い手	収益源
第 1 層 再生ペレット 販売	自動車部品向け再生ペレットを部品メーカー等に販売	大栄環境（収集・選別） 八木熊（配合・造粒）	再生ペレット販売収益 廃棄物受入処理費
第 2 層 自動車部品 供給	再生樹脂を配合した自動車部品を OEM に納入。CoC 認証を付帯させた高付加価値部品として供給	ニフコ（部品成形・供給） ニフコ取引先ティア 1	再生樹脂部品の付加価値販売
第 3 層 デジタル基盤 提供	トレーサビリティシステム・配合シミュレータの SaaS 提供 または業界標準プラットフォーム化	BIPROGY（システム開発・運用） 資源循環システムズ（事業設計）	SaaS ライセンス料 CoC 認証対応支援フィー 業界横展開時のライセンス

（3）事業化のシナリオ

本事業の事業化は、技術実証の進捗と市場環境の成熟に合わせて、以下の 3 段階で展開することを想定する。

段階	時期・規模	主な事業内容	達成指標
第 1 段階 実証～ 初期商用	2028～2030 年 小型・中型部品 数十 t/年規模	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラダンボール・容器包装・製品プラ等の PCR 材から自動車部品向け再生ペレットを製造 ・ 小型部品（クリップ類）の型承認取得・量産開始 ・ 中型部品（ヒータエアダクト等）への展開 ・ CoC 認証取得・トレーサビリティ体制整備 ・ 物性下限保証値規格書の発行 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型部品 型承認取得 ・ PCR 配合率$\geq 25\text{wt}\%$維持 ・ 再生材供給量：数十 t/年 ・ CoC 認証取得

第2段階 事業拡大	2031～2033年 大型部品展開 数百t/年規模	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大型部品への展開・型承認取得 ・ 複数ティア1、複数OEMへの供給開始 ・ 大栄環境グループ、八木熊の設備投資による量産設備確立 ・ トレーサビリティシステム・配合シミュレータのSaaS展開（業界標準化） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数ティア1・複数OEM・複数車種への採用 ・ 再生材使用量：数百t/年 ・ 大型部品 型承認取得 ・ シミュレータ SaaS 展開開始
第3段階 社会 インフラ 化	2034年以降 JAMA目標対応 万t規模	<ul style="list-style-type: none"> ・ 欧州ELV規則義務化に対応する供給インフラとして確立 ・ JAMA目標（2035年・他産業再生材等 約30万t）への貢献モデルとして業界標準化 ・ XtoCARプラットフォームをネットワーク化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 万トン規模事業として自走化 ・ XtoCARプラットフォームの業界標準化 ・ 欧州ELV対応部品の輸出対応

5. 事業の評価

本事業内容を事業化する際の採算性や有効性については、2026年2月現在では具体的な記載が難しいため、今後の成果に基づき、記載する予定である。本事業は3年間実施する予定であり、採算性や量産を見据えた本事業の有効性は最終年度（2027年度）に評価することとする。そのうえで、採算性や有効性の評価を行ううえで必要となるデータを下記5.1節と5.2節に示しつつ、そのデータが得られる時期をまとめた。

なお環境省「自動車向け再生プラスチック市場構築のための産官学コンソーシアム」においてもXtoCARによる再生材確保の取組み等の検討が行われており、我々も環境省コンソーシアムでの検討内容を考慮したうえで事業化検討を進める必要があると考えている。

5.1. 採算性の評価

PCR材の品目や由来、また必要な選別、洗浄等の工程により、量産採用の際は、既存施設の活用が可能なものと、新たに設備投資を計画しなければならないものとに分類される。さらにプラスチックリサイクル施設としては、「XtoCAR」以外のプラスチックリサイクルも同一の施設で併せて行うことが見込まれるため、「XtoCAR」単独の事業採算性の評価に加えて、プラスチックリサイクル施設全体の投資対効果の検討が必要である。

また採用する再生材の販売単価については、単純にバージン材よりも安価でなければならないのか、欧州ELV規則案の動向も踏まえてバージン材よりも高くても自動車業界にて採用が可能なのか等の外部環境の分析が必要である。これらについては来期以降に検討を行っていく。

5.2. 有効性の評価

本事業の有効性は、(ア)PCR材の供給ポテンシャルと自動車業界のニーズへの貢献、(イ)PCR材の品質・物性目標の達成度、(ウ)環境負荷低減効果、(エ)デジタルインフラ(トレーサビリティシステム・配合シミュレータ)の社会実装効果の4つの観点から評価する。最終的な定量評価は事業最終年度(2027年度)に行うこととするが、本年度(1年目)の実証結果に基づく中間的な有効性の見通しを以下に示す。

(ア) PCR材の供給ポテンシャルと自動車業界ニーズへの貢献

実施事項 a において、大栄環境グループが取扱う廃プラスチックのうち全PP量を自動車向けに活用すると仮定した場合、JAMAが掲げる2045年の他産業再生材等30万t調達目標に対し約5.7%の貢献が可能との試算が得られた(図6参照)。実際の供給可能量は全量にはおおよばないものの、容器包装プラスチック・製品プラスチック・建設系プラスチックを合わせた3系統のPCR材を複合的に活用することで、中長期的な供給量の確保は十分に見込めることが確認された。

また、今年度の組成調査(計1,738kg)では、プラダンボール(建設系)・フレコンバッグ・容器包装プラスチック・製品プラスチック等の品目ごとのPP純度・RoHS適合性が定量的に確認された。とくにプラダンボールは最も自動車部品適用ポテンシャルが高い品目と評価され、1事業所あたり約14t/年の発生量が確認された一方、フレコンバッグ(約95t/年)等より大きなポテンシャルを持つ品目も特定されており、2年目以降の品目拡大による供給量拡大が見込まれる。

(イ) PCR材の品質・物性目標の達成度

実施事項 b および c において、プラダンボール由来PCR材(25wt%配合)について、JAMAが定める汎用PP②の目標値をほぼ達成したことが確認された。具体的には、添加剤Cを10wt%添加することによる改質によりシャルピー衝撃値が6.64→30.90kJ/m²(約4.7倍)に向上し、引張強度・曲げ弾性率についても目標レンジ内に収まることを確認した。加えて、ニフコによる自動車部品(ロッカーパネルモールディンググリテナークリップ)の成形評価においても機能要件を満たすことが確認されており、PCR材による自動車部品製造の技術的有効性が1年目の段階で実証された。

本事業の目標配合率(PCR材15wt%以上)については、今年度の試作において25wt%配合での目標達成を確認したことから、1年目の段階でその妥当性が技術的に検証されたと判断できる。酸化防止剤の最適添加量(0.4wt%)についても、バージン材同等の耐熱性・耐候性を確保できることを実験的に確認しており、再生樹脂の長期品質安定性に関する有効性の根拠が整備されつつある。

(ウ) 環境負荷低減効果

本事業が目指すPCR材活用による環境負荷低減効果の定量評価(LCA)は、量産規模・物流ルート・製品構成が確定する最終年度に実施することとしているが、定性的には以下の効果が期待できる。

- ・ 廃プラスチックの熱回収・埋立から高付加価値素材リサイクルへの転換による、廃棄物当たりのGHG排出削減
- ・ バージン樹脂の代替によるナフサ原料起源のCO₂排出削減(自動車部品用PPの一部をPCR材に代替した場合のCO₂削減量は今後算定予定)
- ・ 従来は熱回収が主流であった建設系プラスチックのマテリアルリサイクル率向上
これらの効果を定量的に評価するためのデータ(品目別処理量、輸送距離、加工工程ごとのエネルギー消費量等)の蓄積を、2年目以降も継続して行う予定である。

(エ) デジタルインフラ(トレーサビリティシステム・配合シミュレータ)の社会実装効果

実施事項 d において、BIPROGYが開発するトレーサビリティシステムは、1年目終了時点

で要件の約70%の実装が完了した。廃棄物由来情報・物性データ・成形条件を一貫して管理するデータ基盤の構築は、再生材の信頼性確保と自動車 OEM による採用促進において不可欠なインフラとなる。とくに、欧州 ELV 規則案が求めるリサイクル材の含有率・由来情報の開示要件に対応するうえで、本システムの有効性は高いと考えられる。

配合シミュレータについては、BigGAN マルチモーダル深層学習アルゴリズムを再生 PP 向けに適用し、9 カテゴリ・45 サンプルによる基盤モデルを構築した。シミュレータが実用化されることで、品目・配合比・改質条件から物性を事前予測する試験レス設計が可能となり、グレード開発の大幅な効率化（試験工数削減・リードタイム短縮）が期待できる。この効果は、量産展開において多品目・多配合のバリエーション対応が求められる場面でとくに顕著に発現すると見込まれる。

【有効性評価に必要な残データと取得時期】

評価項目	必要なデータ	取得時期（予定）
（ア）供給量	品目別年間取扱可能量 選別後 PP 純度 収率の実測値	2026 年度下期
（イ）品質・物性	複数ロット・複数品目での目標値達成率 再生樹脂限界配合比	2026 年度
（ウ）環境負荷	LCA 算定	2027 年度
（エ）デジタル	トレーサビリティシステム現場稼働状況 シミュレータ予測誤差（≤15%目標）	2026～2027 年度

以上の4観点を総合すると、本事業は1年目の段階において技術的有効性・供給可能性ともに良好な見通しが得られており、2027年度の最終評価において定量的な有効性の確認が期待できる水準にある。引続き、2年目以降の実証を通じてデータを蓄積し、採算性の評価と合わせて事業化判断の根拠を整備していく。