東京都令和 4 年度 革新的技術・ビジネス推進プロジェクト 「粗大ごみリサイクル」

最終報告書

2023 年 3 月 17 日 全日本プラスチックリサイクル工業会

key findings

項目	内容
事業の背景	一般廃棄物のうち、リサイクルが進んでいない粗大ごみ中のプラスチック製品にも材料リサイクル適性の高い製品群があると考えられることから、その代表例として PP 樹脂製の衣装ケースについて、その排出実態とリサイクル適性について調査・実証し、プラスチックの資源循環を推進する。
事業のゴール	プラスチック製品の材料リサイクルの新たな取組みとして、粗大ごみ中の PP 樹脂製の衣装ケースのリサイクル適性や用途、経済性などについて検証し、社会実装を目指す。
考察	 ▶ 回収された衣装ケースからは、これまでの PCR 材と異なり、良質な再生樹脂を得ることができた。高度な樹脂再生技術を有するコンパウンダーであれば、工業用途など高付加価値分野への展開が可能である。 ▶ 今回の実証では運搬コストの低減が課題という結果であった。今後、一か所でまとまった量の衣装ケースが確保できれば運搬コストを大幅に引き下げることができ、自治体の処理費削減・CO2 排出量削減効果が期待できる。 ▶ 木製天板や金属部品がついた衣装ケースは天板や金属部品を取り外す必要がある。取り外しが容易な製品設計が望まれる。 ▶ 今後、コンパウンダー側での受け入れ態勢の整備、回収・運搬の効率化などについて、検討が必要である。

key findings

主な実施内容

(1) 衣装ケース回収結果

- ▶ 第1回目回収は回収・輸送ルートの検討に加え、衣装ケース排出状況の把握を目的としたため、各保管施設で衣装ケースとして排出された全ての保管品を回収した。この結果、異物が混入しメッシュ詰まりの原因となった
- ➤ 第2回目回収では2tパッカー車及び4tパッカー車の最大積載量の把握を目的としたため、PP樹脂製の衣装ケースのみを回収した。この結果、リサイクル材に混入した異物の量が減少した。
- (2) 衣装ケース回収重量に対する再生樹脂製造後の歩留まり
- ▶ 第2回目の再生樹脂製造後の歩留まりは、第1回目と比較して11.8ポイント改善、 リサイクル可能な樹脂重量からみた歩留まりは4.9ポイント改善した。パッカー車 への投入時に木製天板等の異物の事前除去を実施したため、歩留まりが改善した。

(3) 想定用途

▶ 高度な樹脂再生技術を有するコンパウンダーであれば、ユーザーの求める物性値に 適合できる配合・設計技術を活かし、家電・OA機器やオフィス家具、工業用途、自 動車等の高付加価値分野への展開が可能となる。

(4) コスト試算

- ➤ 2t パッカー車の最大積載量は 790.0kg、4t パッカー車は同 2,010.0kg となった。4t パッカー車のほうが 2t パッカー車よりも積載効率が高いため、kg あたり単価で 32.6 円/kg のコストダウンとなった。
- ▶ 運搬費、パッカー車からコンパウンダーでのフレコン詰替費、収率(衣装ケース回収 重量/再生樹脂化後の重量)の改善により、さらなるコストダウンを追求することが 求められる。

目次

1. 事業の計画	6
1.1. 事業の位置付け・背景	6
1.2. 事業の実施内容	7
1.2.1. 事業計画概要	7
1.2.2. 事業の実施体制	8
1.2.3. 実施スケジュール	9
2. 事業の報告	10
<u>2.1. 事業の実施結果</u>	10
2.1.1. 衣装ケースの排出状況の把握と課題抽出	10
2.1.2. 集荷基準、輸送ルートなどの検討	16
2.1.3. リサイクル材の物性評価及び用途検討	19
2.1.4. コスト試算等経済性の検証	41
2.1.5. 環境負荷低減効果の検証	44
2.2. 今後の事業化を目指した課題及び解決方法	
2.2.1 <u>. まとめ</u>	45
2.2.2. 衣装ケース回収における課題と解決方法	48

1. 事業の計画

1.1. 事業の位置付け・背景

東京都は、2050 年までに、世界の CO2 排出実質ゼロに貢献する「ゼロエミッション東京」の実現を目指し、持続可能な資源利用への転換を目指しており、プラスチック資源の利用に関しては、ワンウェイプラスチックのリデュース・リユースや、バージン資源と同等の品質のリサイクル素材 (樹脂) に循環する水平リサイクルの実装化を推進している。

本事業では、一般廃棄物のうち、リサイクルが進んでいない粗大ごみ中のプラスチック製品にも材料リサイクル適性の高い製品群があると考えられることから、その代表例としてPP 樹脂製の衣装ケースについて、その排出実態とリサイクル適性について調査・実証し、プラスチックの資源循環を推進する。

一般廃棄物中の粗大ごみには、様々な材質のプラスチック素材を利用した多様な製品群がある。なかでもポリプロピレン(以下 PP)樹脂製の衣装ケースは、材料リサイクルに適した製品として、かねてリサイクル事業者から注視されているが、一般廃棄物由来であり、廃掃法での扱いなどの事情から、これまでリサイクルの取組み実績がなかった。

一方、2022 年からプラスチック資源循環促進法が施行され、一般廃棄物中のプラスチック製品が新たな循環資源と位置づけられ、新たな取組みがスタートした。

本事業では、そうした背景を踏まえて、プラスチック製品の材料リサイクルの新たな取組みとして、粗大ごみ中のPP樹脂製の衣装ケースのリサイクル適性や用途、経済性などについて検証し、社会実装を目指すものである。

- 「清掃事業年報(東京 23 区 令和 3 年度)」(東京二十三区清掃一部事務組合)によれば、2021 年度の東京 23 区の粗大ごみの収集量は 74,037t である。また、衣装ケースの粗大ごみ個数実績は 426,569 個で、本体及び外枠 1 個当たり 2kg とすると、23 区全体で約 850t と推定される。
- 本実証を通して、衣装ケースのリサイクルのしくみが確立すると、23 区で粗大ご み収集量の約 1%が、焼却されることなく資源として循環される。

また、本実証によって、衣装ケースのリサイクルのしくみが確立されると、国内の他の地域にも水平展開されることが期待され、日本のプラスチックリサイクルの新たな進展に繋がり、プラ資源の循環利用と環境負荷低減を図ることができる。

1.2. 事業の実施内容

1. 2. 1. 事業計画概要

本実証での実証の主要な取組みのポイントを以下に示す。

具体的には、都内 4 区の協力をいただき、その保管施設からの集荷および受入引取り施設での保管と一次加工を施し、リサイクル材料に加工し、その材料の物性評価、用途検討、経済性検証などを行う。以下に、実証での検討項目を示す。

- ① 衣装ケースの排出状況の把握と課題抽出
- ② 集荷基準、輸送ルートなどの検討
- ③ リサイクル材の物性評価および用途検討
- ④ コスト試算等経済性の検証
- ⑤ 環境負荷低減効果の検証等

表 1-1 調查項目概要

	衣 1·1. 調宜垻日傚安
調査項目	調査
① 衣装ケースの	衣装ケースの本体(引き出し)及び外枠を集荷対象とする。
排出状況の把	集荷対象の排出状況(汚れ、シール貼付状況、異物等)を把握し、集荷
握と課題抽出	の際の課題を抽出する。
	また、集荷対象には、図2-2で示した粗大ごみ処理券が貼付けられてい
	るケースがある。これらのシールが、対象品の再生加工時およびリサイ
	クルされた材料の品質等への影響度を確認するとともに、再生加工時に
	異物として除去する方法等を検討する。
② 集荷基準、輸	東京都23区の各保管施設から有償で集荷する衣装ケースの集荷基準
送ルートの検討	について検討する。集荷は、全日本プラスチックリサイクル工業会指定
	の輸送業者が行い、集荷・輸送頻度、集荷方法について調査し、効率的
	な輸送方法、輸送ルートについて検討する。
	輸送業者は、上記工業会の会員企業が指定する保管施設に輸送し、異
	物除去、粉砕等の一次加工を施す。
	一次加工された後、全日本プラスチックリサイクル工業会の会員企業の
	指定の拠点に輸送され、リサイクル材料に加工する。
③ リサイクル材の	前項で得られたリサイクル材料の物性等を会員企業で確認し、同材料
物性評価およ	の品質等を評価する。評価に際しての検証項目は、別添の評価シートに
び用途の検討	記載。
④ コスト試算等経	②、③、⑤の検証結果から、集荷、輸送、リサイクル材料への加工など
済性の検証	のコストを試算するとともに、用途、同材料の想定売価等を検討し、経済
	性について評価する。
⑤ 環境負荷低減	本実証に係る環境負荷低減効果を、LCA手法等を用いて、CO2削減等
効果の検証	の効果を検証する。
⑥ 報告書作成	報告書を作成する

1.2.2.事業の実施体制

全日本プラスチックリサイクル工業会が本事業の実施主体となり、会員企業 4 社(石塚化学産業株式会社、いその株式会社、髙六商事株式会社、進栄化成株式会社)において、粗大ごみ中の衣装ケースからのリサイクル材料への成形加工および物性等の品質評価、リサイクル材料加工におけるコスト等を試算するとともに用途等を検討し、衣装ケースのリサイクルに係る経済性と環境負荷低減効果を確認する。

株式会社トベ商事では、4 区の保管施設で収集された衣装ケースの輸送を行い、輸送時のコストを試算する。

株式会社矢野経済研究所は調査・報告書作成支援を行う。その他衣装ケースの集荷・リサイクルにおける課題抽出・整理や解決策等の提案を行う。

プラスチック容器包装リサイクル推進協議会は、本調査でのアドバイザーとして、衣装ケースの集荷・リサイクルの実証全般に係る課題抽出・整理や解決策等を提案する。



図 1-1.事業の実施体制

1. 2. 3. 実施スケジュール

実施スケジュールを表 1-2 に示す。

表 1-2. 実施スケジュール

実施項目	詳細		202	2年					2	023호	Ŧ		
天心填口	————————————————————————————————————	11月	1月		12月		1月			2月		3月	
	回収に協力をいただく区との協議												
①衣装ケースの排出状況の把握 と課題抽出	引取り基準の設定 (異物の付着具合等)												
	衣装ケースの回収												
②集荷基準、輸送ルートなどの	衣装ケース輸送ルートの検討と コンパウンダーへの輸送												
検討	衣装ケースの一時保管、保管時 の前処理の実施(粉砕)												
③リサイクル材の物性評価及び	リサイクル材の生産、物性測定												
用途検討	リサイクル材の用途検討												
④コスト試算等経済性の検証	輸送、リサイクル材製造コスト試 算												
⑤環境負荷低減効果の検証等	環境負荷低減効果の検証												
⑥報告書作成	報告書の作成												

2. 事業の報告

2.1. 事業の実施結果

2.1.1. 衣装ケースの排出状況の把握と課題抽出

粗大ごみとして排出される衣装ケースがどのような排出状況(汚れ、シール貼付状況、異物等)であるかを把握するため、粗大ごみとして排出される衣装ケースを実際に回収し集荷の際の課題を抽出する。

粗大ごみは区市町村の管轄となるため、衣装ケースを回収する際には各自治体の協力を仰ぐ必要がある。回収ルートや量を勘案し、江東区、江戸川区、葛飾区、足立区の4区に相談し、協力を得ることとした。また、回収した衣装ケースを引き取るコンパウンダーが埼玉県春日部市、加須市、八潮市に所在することから、埼玉県に相談したところ、3市の協力も得ることができた。

そのため、本事業では第1回目の回収として、回収・輸送ルートの検討に加え、衣装ケース排出状況の把握を目的に、江東区、江戸川区、葛飾区、足立区(回収時期が年末となったため、足立区はシミュレーションのみ実施)から衣装ケースを毎日回収し、全日本プラスチックリサイクル工業会会員の石塚化学産業、いその、髙六商事、進栄化成のうち1社に引き渡すこと、第2回目の回収では回収するパッカー車への最大積載量の把握のため、これら4区に加え、春日部市、加須市、八潮市の各3市から衣装ケースを回収し、満載になった時点でコンパウンダーに引き渡すことを計画した。

また、各保管施設からパッカー車への積み込みにおいてどの程度の作業時間が発生する か把握するため、第 1 回目の回収に関して衣装ケースの回収作業時間についても記録する こととした。

ŀ	也区	拠点名	住所						
	江東区	江東区清掃事務所	東京都江東区潮見1-29-7						
	江戸川区	南部粗大ごみ持込施設	東京都江戸川区西葛西1-10-16						
東京都	47川区	北部粗大ごみ持込施設	東京都江戸川区篠崎町2-62-17						
	葛飾区	葛飾区清掃事務所	東京都葛飾区立石5-13-1						
	足立区	白井運輸株式会社	東京都足立区鹿浜3-28-7						
	春日部市	春日部市クリーンセンター	埼玉県春日部市豊野町三丁目9番地1						
埼玉県	加須市	加須クリーンセンター	埼玉県加須市馬内1790						
	八潮市	八潮市リサイクルプラザ	埼玉県八潮市大字八條2365番地1地内						

表 2-1. 衣装ケース保管施設一覧

表 2-2. コンパウンダー拠点一覧

会社名 · 拠点名	住所
菊池化成(いその)	埼玉県八潮市大瀬4-2-5
石塚化学産業·関東工場	埼玉県加須市栄451-1六軒工業団地
進栄化成・埼玉工場	埼玉県春日部市南栄町13-13
高六商事·北関東営業所	埼玉県加須市豊野台2-473-10

参考までに、江東区、江戸川区、葛飾区、足立区における衣装ケースの年間回収量を表 2-3 に示す。

4 区合計の衣装ケース回収量は、令和 2 年度で 89,817 個(江東区: 17,339 個、江戸川区: 26,728 個、葛飾区: 18,780 個、足立区: 26,965 個)、令和 3 年度で 93,608 個(江東区: 17,004 個、江戸川区: 28,683 個、葛飾区: 20,286 個、足立区: 27,635 個)となった。1 か月あたり 25 営業日とした場合、4 区合計の 1 日あたりの回収量は 300 個前後となることが想定される。衣装ケースが本体(引き出し)及び外枠を 2kg とカウントした場合、600kg/日の衣装ケースが発生する計算となる。

表 2-3. 対象区における衣装ケースの年間回収量

(単位	:個)	江東区	江戸川区	葛飾区	足立区	4区合計
令和2年度		17,339	26,728	18,780	26,965	89,812
(2020年度)	1日あたり平均	58	89	63	90	299
令和3年度		17,004	28,683	20,286	27,635	93,608
(2021年度)	1日あたり平均	57	96	68	92	312
※25営業日/月とし	 て試算					

(1)第1回目回収

第 1 回目回収では回収・輸送ルートの検討に加え、衣装ケース排出状況の把握を目的としている。衣装ケースが実際にどのような状態で排出されているのかを各区の状況を把握するため、衣装ケース回収前に各区の粗大ごみ回収の保管施設を訪問した。各保管施設での衣装ケース保管状況を図 2·1 に示す。

実際に衣装ケースの排出状況をみると、衣装ケースは PP 樹脂製のタイプがメインではあったが、色や形状(サイズ、枠の有無、段数)など様々な種類があるほか、木製天板や金属レール・金属キャスターなど異素材の使用が少なからずあることも分かった。それにより、回収時及び再生時における異物の除去が課題になることを想定した。



図 2-1. 各保管施設における衣装ケースの保管状況

また、東京 23 区が各家庭から排出される粗大ごみを回収する際、図 2-2 の「有料粗大ごみ処理券」を貼付する必要があるが、同処理券には粗大ごみから剥離しないように接着性の強い紙が使用されている。リサイクルの際はこれらの処理券の影響も考慮する必要があることを改めて認識した。



図 2-2. 有料粗大ごみ処理券出所: 江東区「粗大ごみの出し方」

本事業の実施に伴い、各保管施設での実際の粗大ごみ回収作業に支障をきたさないようにするため、図 2-1 のように衣装ケースを事前に選別し回収しやすいように取り置いてもらった。ただ、これらの保管品の中には図 2-3 のように PP 樹脂が使用されている可能性が高いカゴやバケツなども回収対象として保管している区もあった。各自治体で衣装ケースを回収することになった場合、どういった排出状況となるかを想定するため、第 1 回目回収では各保管施設で衣装ケースとして保管された全ての保管品を回収することとした。



図 2-3. 衣装ケース以外の PP 樹脂製品

(2) 第 2 回目回収

第 1 回目回収では各保管施設で衣装ケースとして排出された全ての保管品を回収対象に設定した。そのため、PP 樹脂製衣装ケースのほかに、図 2-4 で示すように木製天板付きの衣装ケースやポリスチレン(以下 PS)樹脂製レターケースなどもパッカー車で回収している。パッカー車ではこれらを粗破砕しながら回収したが、コンパウンダーのルーダー加工時点において木くずなどの細かい素材は水による比重選別が困難であるためメッシュ詰まりの原因となったほか、パッカー車での破砕時に木製天板等の反発力の強い素材が飛散することで作業者の負担が増加した。

そのため、第2回目回収ではコンパウンダーの歩留まり低下につながる木製天板や金属レール・金属キャスター等を回収対象外とし、PP樹脂製の衣装ケースのみを回収することを設定した。なお、PS樹脂製レターケースとPP樹脂製衣装ケースを見分けることは作業者によっては難しいが、比重選別が可能であり再生品の物性への影響はほとんどないものと考えられるため、回収時の選別は行わないことにした。また、回収業者が回収したものであっても、受け入れ時にコンパウンダーがPP樹脂製でないと判断したものは除外することにした。



図 2-4. 木製天板付き衣装ケース (左)、PS 樹脂製レターケース (右)

2.1.2.集荷基準、輸送ルートなどの検討

(1)第1回目回収

① 集荷基準の検討

第 1 回目回収は回収・輸送ルートの検討に加え、衣装ケース排出状況の把握を目的としたため、各保管施設で衣装ケースとして排出された全ての保管品を回収する。そのため、回収時に材質、キャスター有無、異物の有無等による衣装ケースの選別は実施しない。PS 樹脂製レターケースや滑車、金属・ボルトなどの異物混入が想定されるが、コンパウンダー4社が引取時の事前選別や比重選別等の選別を実施することで、これらの異物はコンパウンダーが除去することとした。

② 輸送ルートの検討

第1回目回収では、江東区、江戸川区、葛飾区、足立区の4区5拠点を回収対象とした。回収スケジュールを表 2-4に示す。1週目は2022年12月12日(月)~12月17日(土)の6日間、江東区→江戸川区→葛飾区(→足立区)の順に集荷後、トベ商事(足立区)で台貫計量を行い、各コンパウンダーに輸送する。2週目は12月20日(火)、12月22日(木)、12月24日(土)の3日間、1週目同様のルートで集荷及び台貫計量を行い、各コンパウンダーの拠点に輸送する。なお、第1回目の回収時期が年末となったため、足立区はシミュレーションのみ実施することとした。

表 2-4. 回収スケジュール (第1回目回収)

集	荷日	納入日	納入先
	12/12	12/12	菊池化成(いその)
	12/13	12/13	石塚化学
1週目	12/14	12/14	進栄化成
一地口	12/15	12/15	髙六商事
	12/16	12/16	菊池化成(いその)
	12/17	12/17	進栄化成
	12/20	12/20	進栄化成
2週目	12/22	12/22	石塚化学
	12/24	12/24	髙六商事

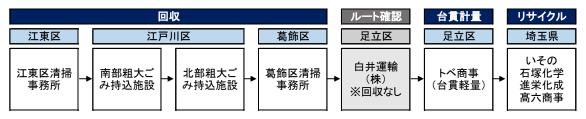


図 2-5. 輸送ルート (第1回目回収)

(2) 第 2 回目回収

① 集荷基準の検討

第2回目回収では2tパッカー車及び4tパッカー車の最大積載量の把握を目的に実施した。そのため、再生樹脂作製の阻害要因となる木製天板や金属レール・金属キャスター等を回収対象外とし、PP樹脂製の衣装ケースのみを回収することを設定した。なお、PS樹脂製レターケースとPP樹脂製衣装ケースを見分けることは作業者によっては難しいが、比重選別が可能であり再生品の物性への影響はほとんどないものと考えられるため、回収時の選別は行わない。また、回収業者が回収したものであっても、受け入れ時にコンパウンダーがPP樹脂製でないと判断したものは除外することにした。

② 輸送ルートの検討

第2回目回収は東京都4区4拠点(江東区、江戸川区、葛飾区、足立区)に加え、埼玉県の3市3拠点(春日部市、加須市、八潮市)にも協力を依頼し、計7拠点を回収対象に設定した。集荷の期間は毎日、江東区→江戸川区→葛飾区→足立区から回収しつつ、2023年1月31日(火)に八潮市、2月3日(金)に春日部市と加須市から衣装ケースを回収し、パッカー車が満載になった時点でコンパウンダーの拠点に輸送することにした。

表 2-5. 回収スケジュール (第2回目回収)

集荷日	納入日	納入先
1/30~1/31	1/31	菊池化成(いその)
1/31~2/3	2/3	石塚化学
2/3~2/4	2/6	高六商事

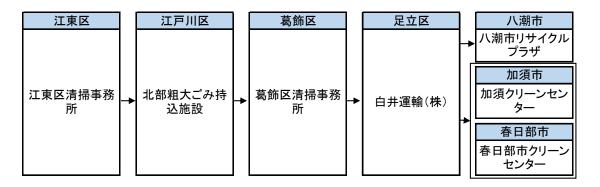


図 2-6. 輸送ルート (第2回目回収)

2.1.3. リサイクル材の物性評価及び用途検討

(1)回収重量

本実証では衣装ケースリサイクルにおける歩留まりの算出を目的に、回収時、粉砕洗浄後、 再生樹脂化後における衣装ケースの重量を記録することとした。

第1回目回収は 2022 年 12 月 12 日 (月) \sim 12 月 24 日 (土) の期間のうち 9 日間において、江東区、江戸川区、葛飾区の 3 区 4 拠点から計 2,131 個(江東区: 932 個、江戸川区南部: 443 個、江戸川区北部: 411 個、葛飾区: 345 個)の衣装ケースを回収した。回収重量の合計は 5,550.0kg であったため、衣装ケース 1 個当たりの重量は 2.6kg となる。

なお、本実証においては衣装ケースの大きさや形状に関わらず、パッカー車への投入1回分を1個として数量をカウントした。コンパウンダーへの衣装ケースの引き渡し方法は図2-7で示した通り、ブルーシート上に粗破砕品を荷下ろしする形で行った。



図 2-7. コンパウンダーへの衣装ケース引き渡し(荷下ろし)

回収重量合計 5,550.0kg のうち、コンパウンダーで粉砕洗浄した後の総重量は 5,422.3kg となった。このうち、洗浄して水槽に沈んだ異物(金属、 $PP \cdot PE$ 以外の異樹脂) 292.1kg、及び粉砕前に異物として取り除いたもの(金属、木片など) 186.2kg を取り除いたリサイクル可能な樹脂(PP と微量の PE)は 4,944.0kg となった。これにより、リサイクル可能な

樹脂を回収重量合計で除した歩留まりは 89.1%となった。回収重量と粉砕洗浄後の総重量 の差分として 127.7kg 発生したが、これは粉砕時のロス分であると推測される。

表 2-6. 衣装ケース回収実績(第1回目回収)

						1 4	0. 1\(\frac{1}{2}\)	支グーン	ト凹収き	天順 (另 1 巴	日回収	()								
			回収数量		e e u e	e e u e		ㅁᅔᅜ	回収重量		粉砕洗浄 後の総重	リサイクル		洗浄して水 槽に沈んだ	粉砕前に異		回収品の			留まり ロー	
試料番号	コンパウンダー	実施日	(個)	江東区清掃 事務所	江戸川区 南部粗大ご み持込施設	8+~ 小如4+~ 匈即区月	葛飾区清掃 事務所	足立区 (白井運 輸)	回収重量 (kg)	1個当たり 平均	量 (kg)	可能な樹脂 (PPと微量 のPE) 歩留まり		異物(金 属、PP・PE 以外の異樹 脂)	物として取 り除いたも の(金属、 木片など)	回収重量と の差分	投入重量 (kg)	化後重量 (kg)	回収重量	リサイクル可 能な樹脂重 量 (投入重量)	
1		12/12(月)	253	68	96	53	36	0	940.0	3.7	911.5	850.0	90.4%	17.0	44.5	-28.5	-	-	-	-	
2	いその	12/16(金)	205	108	32	39	26	0	490.0	2.4	491.5	463.0	94.5%	11.0	17.5	1.5	-	1	-	-	
		小計	458	176	128	92	62	0	1,430.0	3.1	1,403.0	1,313.0	91.8%	28.0	62.0	-27.0	1	-	1	-	
3		12/13(火)	159	81	13	38	27	0	490.0	3.1	435.0	399.0	81.4%	31.8	4.2	-55.0	-	-	1	-	
4	石塚化学産業	12/22(木)	141	60	21	29	31	0	570.0	4.0	529.3	473.0	83.0%	42.3	14.0	-40.7	-	-	1	-	
		小計	300	141	34	67	58	0	1,060.0	3.5	964.3	872.0	82.3%	74.1	18.2	-95.7	1	1	-	-	
5		12/14(水)	279	138	34	64	43	0	570.0	2.0	566.0	540.0	94.7%	20.0	6.0	-4.0	540.0	525.0	92.1%	97.2%	
6	進栄化成	12/17(土)	254	125	45	64	20	0	570.0	2.2	573.0	526.0	92.3%	42.0	5.0	3.0	526.0	505.0	88.6%	96.0%	
7	些 不 化 从	12/20(火)	336	105	131	31	69	0	750.0	2.2	746.0	682.0	90.9%	34.0	30.0	-4.0	682.0	662.0	88.3%	97.1%	
		小計	869	368	210	159	132	0	1,890.0	2.2	1,885.0	1,748.0	92.5%	96.0	41.0	-5.0	1,748.0	1,692.0	89.5%	96.8%	
8		12/15(木)	220	140	21	28	31	0	590.0	2.7	590.0	490.0	83.1%	58.0	42.0	0.0	1011.0	950.0	81.2%	94.0%	
	髙六商事	12/24(土)	284	107	50	65	62	0	580.0	2.0	580.0	521.0	89.8%	36.0	23.0	0.0	1011.0	000.0	01.27	01.0%	
		小計	504	247	71	93	93	0	1,170.0	2.3	1,170.0	1,011.0	86.4%	94.0	65.0	0.0	1011.0	950.0	81.2%	94.0%	
1回当たりの)回収平均		237	104	49	46	38	0	616.7	2.6	602.5	549.3	89.1%	32.5	20.7	-14.2	-	-	-	-	
合計	合計		2,131	932	443	411	345	0	5,550.0	2.6	5,422.3	4,944.0	89.1%	292.1	186.2	-127.7	-	-	-	-	
	脂化後重量の歩留ま 高六商事の合計)	ξ l)	1,373	615	281	252	225	0	3,060.0	2.2	3,055.0	2,759.0	90.2%	190.0	106.0	-5.0	2,759.0	2,642.0	86.3%	95.8%	

第2回目回収は2023年1月30日(月)~2月4日(土)の6日間において、東京都4区4拠点(江東区、江戸川区、葛飾区、足立区)及び埼玉県3市3拠点(春日部市、加須市、八潮市)の計7拠点から計2,026個(江東区:232個、江戸川区北部:270個、葛飾区:164個、足立区:689個、八潮市:203個、春日部市:145個、加須市:323個)の衣装ケースを回収した。回収重量の合計は4,300.0kgであったため、衣装ケース1個当たりの重量は2.2kgとなる。

このうち、2t パッカー車は 1 月 30 日(月)に東京都 4 区 4 拠点から衣装ケースを回収し、翌日 31 日(火)の江東区で満載となった。回収重量は 790.0kg であった。4t パッカー車は同 31 日(火)の江戸川区、葛飾区、足立区、八潮市から衣装ケースを回収し、2 月 1 日(水)~2 月 3 日(金)まで東京都 4 区 4 拠点から衣装ケースを回収した時点で満載となった。回収重量は 2,010.0kg だった。

また、パッカー車満載時の回収重量は上述のとおり、2t パッカー車で 790.0kg、4t パッカー車で 2,010.0kg であったが、2t パッカー車は 4t パッカー車よりも油圧が低いため積載量が増えず、車格でみた積載比率は 2t パッカー車のほうが低い結果となった。

回収重量合計 4,300.0kg のうち、コンパウンダーで粉砕洗浄した後の総重量は 4,181.5kg となった。このうち、洗浄して水槽に沈んだ異物(金属、PP・PE 以外の異樹脂)141.5kg、及び粉砕前に異物として取り除いたもの(金属、木片など)58.0kg を取り除いたリサイクル可能な樹脂(PP と微量の PE)は 3,982.0kg となった。これにより、リサイクル可能な樹脂を回収重量合計で除した歩留まりは 92.6%となった。回収重量と粉砕洗浄後の総重量の差分として 118.5kg 発生したが、これは第 1 回目回収時と同様に粉砕時のロス分であると推測される。

表 2-7. 衣装ケース回収実績(第2回目回収)

							1	4-1. 1	(1)	/ ·		央 (2)		- i - 1/^	. /								
試料番号	コンパウンダー	実施日	回収数量 (個)	江東区清掃 事務所	北部粗大ごみ持込施設	葛飾区清掃 事務所	足立区 (白井運 輸)	八潮市	春日部市	加須市	回収重量 /累計 (kg)	回収重量 /日 (Kg)	1個当たり 平均	粉砕洗浄 後の総重 量 (kg)	リサイクル 可能な樹脂 (PPと微量 のPE)	歩留まり	洗浄して水 槽に沈んだ 異物(金 属、PP・PE 以外の異樹 脂)	粉砕前に異 物として取 り除いたも の(金属、 木片など)		回収品の 投入重量 (kg)	再生樹脂 化後重量 (kg)	回収重量	アまり リサイクル可能な樹脂重量 (投入重量)
	⑨ いその(2t車)	1/30(月)	443	55	56	23	309	-	-	-	750.0	750.0	1.7										
9		1/31(火)	24	24	-	-	ı	-	-	-	790.0	40.0	1.7	787.5	771.0	97.6%	i 10.5	6.0	-2.5	-	-	-	-
		小計	467	79	56	23	309	0	0	0	790.0	-	1.7										
		1/31(火)	299	ı	38	7	51	203	_	-	320.0	320.0	1.1										
		2/1(水)	209	36	53	33	87				1,010.0	690.0	3.3	1,894.0 1,800.0						-	-		
10	石塚化学産業(4t 車)	2/2(木)	222	48	47	36	91				1,580.0	570.0	2.6		1,800.0	89.6%	6% 55.0	39.0	-116.0			-	-
		2/3(金)	168	40	43	37	48	-	-	-	2,010.0	430.0	2.6										
		小計	898	124	181	113	277	203	0	0	2,010.0	-	2.4										
		2/3(金)	468	-	-	-	-	-	145	323	950.0	950.0	2.0						0.0				
111	髙六商事(4t車)	2/4(土)	193	29	33	28	103	-	-	-	1,500.0	550.0	2.8	1,500.0	1,411.0	94.1%	76.0	13.0		1,411.0	1,395.0	93.0%	98.9%
		小計	661	29	33	28	103	0	145	323	1,500.0	-	2.4										
1回当たりの)回収平均		896.8	38.7	45.0	27.3	114.8	203.0	145.0	323.0	1,113.8	537.5	2.2	1,393.8	1,327.3	93.7%	47.2	19.3	-39.5	-	-	-	-
合計			2,026	232	270	164	689	203	145	323	4,300.0	-	-	4,181.5	3,982.0	92.6%	141.5	58.0	-118.5	-	-	-	-
全量再生樹(高六商事の	 指化後重量の歩留 ア実績	ŧθ	661.0	29.0	33.0	28.0	103.0	0.0	145.0	323.0	1,500.0	-	2.4	1,500.0	1,411.0	94.1%	76.0	13.0	0.0	1,411.0	1,395.0	93.0%	98.9%

石塚化学産業、いその、進栄化成の 3 社は回収日程や製造ラインの都合上、回収した衣装ケースを全量リサイクル出来なかったが、髙六商事では第 1 回目回収及び第 2 回目回収において回収した衣装ケースの再生樹脂化を全量実施した。

髙六商事の回収実績比較を表 2-8 に示す。

第1回目回収では回収した衣装ケース 1,170.0kg に対し、リサイクル可能な樹脂(PP と 微量の PE)が 1,011.0kg、再生樹脂化後の重量は 950.0kg となり、回収重量からみた歩留 まりは 81.2%、リサイクル可能な樹脂重量からみた歩留まりは 94.0%となった。

第2回目回収では回収した衣装ケース 1,500.0kg に対し、リサイクル可能な樹脂(PP と 微量の PE)が 1,411.0kg、再生樹脂化後の重量は 1,395.0kg となり、回収重量からみた歩留まりは 93.0%、リサイクル可能な樹脂重量からみた歩留まりは 98.9%となった。

回収重量からみた歩留まりは 11.8 ポイント改善、リサイクル可能な樹脂重量からみた歩留まりは 4.9 ポイント改善した。歩留まり改善の要因としては、パッカー車への投入時に木製天板等の異物の事前除去を実施したためであると考えられる。

表 2-8. 第1回目回収及び第2回目回収における全量樹脂化実績の比較(髙六商事)

(単位:kg)

					(早江:Kg)		
実施	回収重量	リサイクル可能な樹脂	再生樹脂化後重量	歩留まり			
		(PPと微量のPE)	门工圆加门区主主	回収重量	リサイクル可能な樹脂 (PPと微量のPE)		
第1回目回収	1,170.0	1,011.0	950.0	81.2%	94.0%		
第2回目回収	1,500.0	1,411.0	1,395.0	93.0%	98.9%		

衣装ケース回収時及びコンパウンダーへの引渡時に確認した異物を図 2-8 に示す。鉄フレーム、ビス付き、金属付きキャスター、防虫剤・消臭剤、粗大ごみ処理券、金属、プリクラ・あめ、衣類、紙類(取扱説明書、中敷きの紙)、ポリ袋、PP ひも、木材、缶、エアーパッキン、梱包された衣装ケース、コード等の異物を取り除いた。

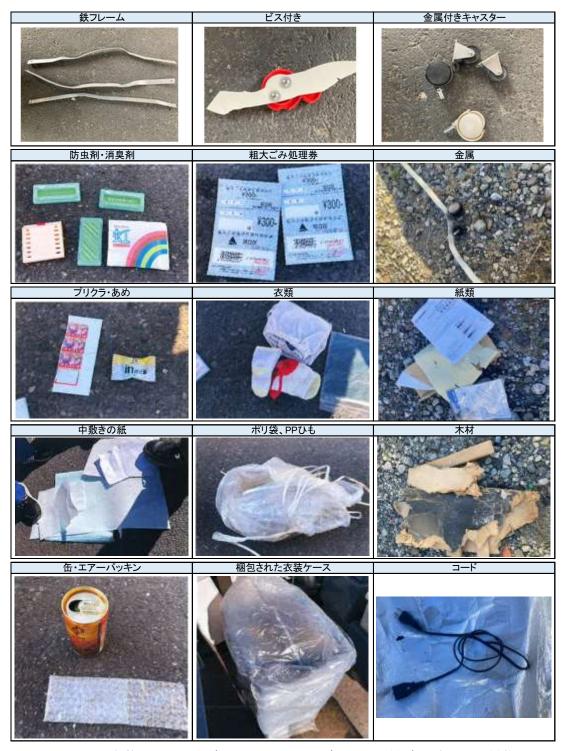


図 2-8.衣装ケース回収時及びコンパウンダーへの引渡時に確認した異物

また、2回目の実証実験で回収対象外とした木製天板付き衣装ケースは回収時に木製天板を解体し、PP 樹脂製の衣装ケース部分のみを回収した。木製天板付き衣装ケース解体後の 残渣を図 2-9 に示す。



図 2-9. 木製天板付き衣装ケース解体後の残渣

(2) 作業時間

本実証では各保管施設からパッカー車への積み込みにおいてどの程度の作業時間が発生 するか把握するため、第1回目の衣装ケース回収時の作業時間を記録することとした。

本実証では当該日 8 時 30 分より江東区清掃事務所で衣装ケースの回収作業を開始した。 第 1 回目回収では江東区清掃事務所での作業後、江戸川区南部粗大ごみ持込施設→江戸川 区北部ごみ持込施設→葛飾区清掃事務所(→足立区白井運輸)の順に集荷後、トベ商事(足 立区)で台貫計量を行い、各コンパウンダーの拠点に輸送した。なお、第 1 回目回収時には 足立区の保管施設も経由したが衣装ケースは回収していないため、表 2-9 の記載から除外 した。

保管施設 4 拠点 (江東区清掃事務所、江戸川区南部粗大ごみ持込施設、江戸川区北部ごみ持込施設、葛飾区清掃事務所)での回収作業及びトベ商事での台貫計量作業を合計した作業時間の平均は 2 時間 11 分となった。平均作業時間の内訳は、江東区清掃事務所:33 分、江戸川区南部粗大ごみ持込施設:28 分、江戸川区北部ごみ持込施設:20 分、葛飾区清掃事務所:29 分、台貫計量(トベ商事):10 分。

実施日	作業時間(時:分)										
	合計	江東区 清掃事務所	江戸川区南部粗 大ごみ持込施設	江戸川区北部粗 大ごみ持込施設	葛飾区 清掃事務所	トベ商事 第2作業所					
12/12(月)	2:20	0:35	0:28	0:27	0:30	0:09					
12/13(火)	1:03	0:13	0:15	0:13	0:14	0:03					
12/14(水)	2:15	0:33	0:26	0:20	0:33	0:06					
12/15(木)	2:09	0:31	0:27	0:11	0:28	0:25					
12/16(金)	1:18	0:12	0:16	0:23	0:21	0:01					
12/17(土)	1:52	0:36	0:22	0:24	0:27	0:03					
12/20(火)	2:45	0:54	0:51	0:12	0:19	0:11					
12/22(木)	3:06	0:42	0:46	0:29	0:26	0:37					
12/24(土)	2:52	0:44	0:22	0:24	1:03	0:03					
平均	2:11	0:33	0:28	0:20	0:29	0:10					

表 2-9. 各保管施設における回収作業時間

表 2-6 の衣装ケース回収個数と表 2-9 の回収作業時間をもとに、衣装ケース 1 個当たりの作業時間を算出した結果を表 2-10 に示す。

保管施設 4 拠点(江東区清掃事務所、江戸川区南部粗大ごみ持込施設、江戸川区北部ごみ持込施設、葛飾区清掃事務所)における衣装ケース 1 個当たりの作業時間の平均は 37 秒となった。平均作業時間の内訳は、江東区清掃事務所: 21 秒、江戸川区南部粗大ごみ持込施設: 50 秒、江戸川区北部ごみ持込施設: 29 秒、葛飾区清掃事務所: 49 秒。1 個あたり 21

秒から 50 秒と開きがある結果となったが、衣装ケースの保管状況が回収作業時間に影響を与えているほか、積み込み時に衣装ケースの破裂に伴う飛散等などの影響も受けた。

表 2-10. 衣装ケース 1 個当たりの作業時間

	衣装ケース1個当たりの作業時間(秒)									
実施日	合計	江東区 清掃事務所	江戸川区南部粗 大ごみ持込施設		葛飾区 清掃事務所					
12/12(月)	32	31	17	31	50					
12/13(火)	33	10	69	21	31					
12/14(水)	31	14	46	19	46					
12/15(木)	42	13	77	24	54					
12/16(金)	30	07	30	35	48					
12/17(土)	38	17	29	23	81					
12/20(火)	23	31	23	23	17					
12/22(木)	71	42	131	60	50					
12/24(土)	34	25	26	22	61					
平均	37	21	50	29	49					

(3)物性評価

① 第1回目衣装ケース回収品の物性

回収した衣装ケースのリサイクルにおいて、コンパウンダー各社での物性を把握するため物性評価を行った。第 1 回目の回収では、当初はコンパウンダー各社が n=1 の物性評価 (合計で n=4)を行うことにしていたが、納品日ごとに物性評価を行ったコンパウンダーが多かった結果、サンプル数は n=8 となった。評価試験の方法は JIS ないし ISO の試験方法について各社の方法に則るものとした。

評価項目はメルトフローレート(MFR)、比重、引張降伏応力、引張伸び、引張破壊ひずみ、引張弾性率、引張破壊呼びひずみ、曲げ強度、曲げ弾性率、シャルピー衝撃強度、アイゾッド衝撃強度、ロックウェル硬さ、荷重たわみ温度。このほか、一部試料で蛍光 X線によって有害性重金属を調べたほか、赤外分光法を用いてメッシュに詰まった異物を分析した。

第1回目衣装ケース回収品の物性データを表 2-11 に示す。これらのデータをみると、各社ともに差異がそれほど発生しない結果となった。

表 2-11. 物性データ (第1回目衣装ケース回収品)

				1 4	11. 1/2/11./	\ \\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	四日公表/		ии/			
項目試験方法			試験条件	単位	試料番号							
坝口	→ B1/19X/J//A			単位	1	2	3	4	(5)	6	7	8
メルトフローレート	ISO 1133	JISK7210:2014	230℃ 2.16kgf荷重	g/10min	27.9	33.1	31.3	31.1	31.9	34.1	35.0	24
比重	ISO 1183	JISK7112:1999	23℃	g/cm ³	0.90	0.90	0.9	0.9	0.91	0.90	0.91	0.905
引張降伏応力	ISO 527	JISK7161:2014		MPa	26.8	27.5	28.6	28.2	27.1	27.6	27.1	28
引張伸び※1	ISO 527		試験速度 50mm/min	%	-	-	-	-	-	-	-	>500
引張破壊ひずみ	ISO 527-1	JISK7161-1		%	-	-	130	140	31	86	26	
引張弾性率	ISO 527-1	JISK7161-1	試験速度 1mm/min	MPa	-	-	1220	1220	-	-	-	-
引張破壊呼びひずみ		JISK7161:2014		%	5本: No Break (破壊せず)	3本:NB 2本:192	-	-	-	-	-	-
曲げ強度	ISO 178	JISK7171:2008	試験速度	MPa	33.4	34.2	35.1	34.4	37.5	37.1	37.0	32
曲げ弾性率	ISO 178	JISK7171:2008	2mm/min	MPa	1130	1200	1210	1180	1192	1171	1169	1079
シャルピー衝撃強度	ISO 179-1	JIS K 7111-1	ノッチ付、23℃ ハンマー 2J	KJ/m ²	-	-	5.7	5.8	6.1	7.3	6.4	8.3
アイゾッド衝撃強度		JISK7110:1999		KJ/m ²	6.2	4.9	-	-	-	-	-	-
ロックウェル硬さ	ISO 2039-2	JIS K 7202-2	R硬さスケール	-	-	-	97	96	-	-	-	-
荷重たわみ温度	ISO 75	JISK7191-1	フラットワイズ法 0.46MPa※いそ の0.45MPa	°C	-	-	89	89	-	-	-	74
			Cd		ND%2	ND	ND	18.8	-	-	-	-
単光X線 総クロム Hg 総臭素			10.1	16.9	2.5	3.9	-	-	-	-		
		総クロム	ppm	5.3	8.5	ND	ND	-	-	-	-	
		Hg		ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	
		総臭素		ND	ND	ND	3.6	-	-	-	=	
その他※メッシュに詰まった異物を分析 ボタウェン ポート (FT-IR)				-	-	・PET及びセルロース (紙・シールと推 定)	・セルロース(紙・ シールと推定)	-	-	-	-	

^{*}表中の物性値は代表値であり、品質を保証するものではない。

^{※1} 引張破断伸び = クロスヘッド移動距離(変位)/標線間距離 × 100 標線間距離 = 50(mm)

^{※2} ND=不検出

第1回目衣装ケース回収品のリサイクルにおいて PS 樹脂、金属キャスター、木、紙(粗大ごみ処理券、中敷きの紙など)、毛くず、脱臭剤等の異物を確認した。このうち、PS 樹脂や金属キャスター類は比重選別可能だが、水に浮いてしまう木や紙、毛くずなどの選別は難しくメッシュ詰まりの原因になった。メッシュ詰まりは 60 メッシュで 20 分、30 メッシュでは 1 時間程度で発生したため、押出機にはオートスクリーンチェンジャー機能が搭載されていることが望ましい。

また、衣装ケースの粉砕物には少量ではあるがシール(紙)等の混入のほか、ストランド表面においても紙ラミや木くずなど水による比重選別で選別できなかった細かい異物が凹凸として確認した。プレスシートではほとんどの異物を除去出来ているが目視で黒点を確認した。

再生ペレットの用途については意匠性が求められる製品や明るい色の製品、色素が薄い製品への採用は難しい。一方で黒色製品であれば概ね使用可能である。物性面では安定性が高いことに加え MFR の多くは平均して 30g/10min 以上と高く、外観を問わない用途であれば十分使用可能である。また、蛍光 X 線分析を用いた RoHS5 物質は基準値未満に収まった。





図 2-10. 衣装ケース粉砕物 (第1回目回収品、いその)



図 2-11. 衣装ケース粉砕物 (第1回目回収品、石塚化学産業)



図 2-12. ストランド (第1回目回収品)



図 2-13. 使用済みメッシュ (第1回目回収品)

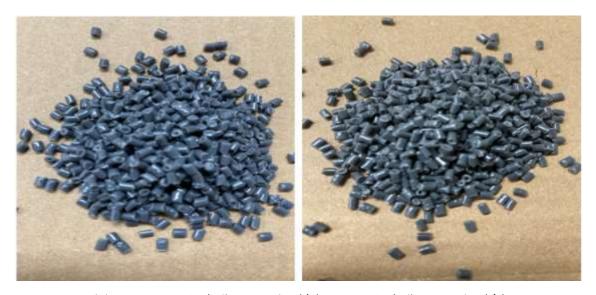


図 2-14. 12/12 回収分ペレット(左)、12/16 回収分ペレット(右)



図 2-15. プレート (第1回目回収品)

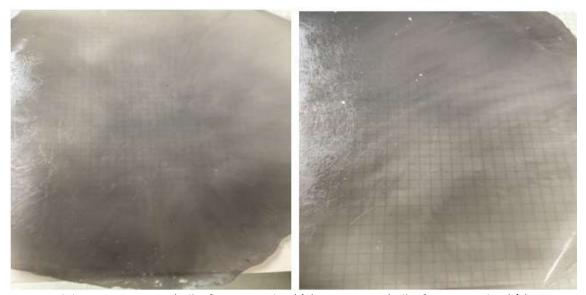


図 2-16. 12/12 回収分プレスシート (左)、12/16 回収分プレスシート (右)

② 第2回目衣装ケース回収品の物性

第 2 回目衣装ケース回収では、再生樹脂作製の阻害要因となる木製天板や金属レール・ 金属キャスター等を回収対象外とし、PP 樹脂製の衣装ケースのみをできる限り回収するように実施した。

第2回目衣装ケース回収品の物性データを表 2-12 に示す。また、第1回目回収品と第2回目回収品における主要物性評価項目を図 2-17 に示す。第1回目回収品の評価結果は青色 (①~⑧)、第2回目回収品の評価結果はオレンジ色で示した(⑨~⑩)。これらのデータをみると、第1回目回収品と第2回目回収品の物性に大きな違いはなかった。

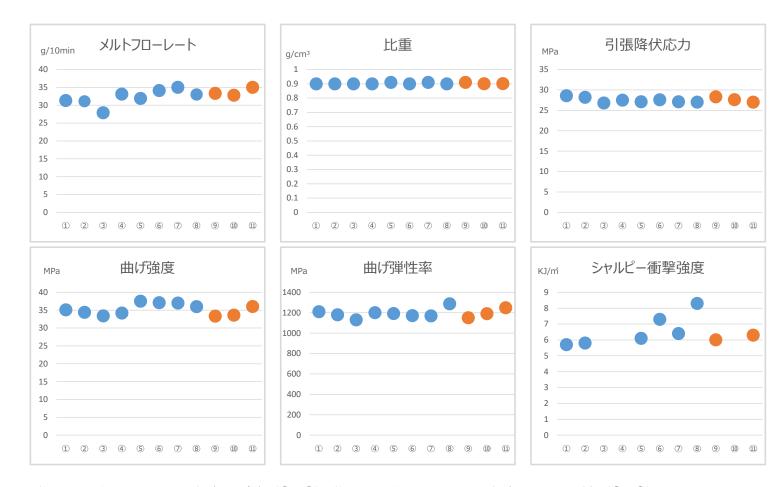
表 2-12. 物性データ (第2回目衣装ケース回収品)

項目	=-1	E ♠+:+	試験条件	単位	試料番号				
- 現日	āIV	験方法		単位	9	10	(1)		
メルトフローレート	ISO 1133	JISK7210:2014	230℃ 2.16kgf荷重	g/10min	33.3	32.8	35		
比重	ISO 1183	JISK7112:1999	23℃	g/cm ³	0.91	0.90	0.901		
引張降伏応力	ISO 527	JISK7161:2014		MPa	28.3	27.6	27		
引張伸び※1	ISO 527		試験速度 50mm/min	%	-	-	>500		
引張破壊ひずみ	ISO 527-1	JISK7161-1		%	250	-	-		
引張弾性率	ISO 527-1	JISK7161-1	試験速度 1mm/min	MPa	1200	-	-		
引張破壊呼びひずみ		JISK7161:2014		%	-	1本:136 4本:NB	-		
曲げ強度	ISO 178	JISK7171:2008	試験速度	MPa	33.3	33.6	36		
曲げ弾性率	ISO 178	JISK7171:2008	2mm/min		1150	1190	1248		
シャルピー衝撃強度	ISO 179-1	JIS K 7111-1	ノッチ付、23℃ ハンマー 2J	KJ/m²	6	-	6.3		
アイゾッド衝撃強度		JISK7110:1999		KJ/m ²	-	4.9	-		
ロックウェル硬さ	ISO 2039-2	JIS K 7202-2	R硬さスケール	-	96	-	-		
荷重たわみ温度	ISO 75	JISK7191-1	フラットワイズ法 0.46MPa※いそ の0.45MPa	°C	87	-	74		
	•		Cd		ND	ND	-		
			Pb		8.2	7.1	-		
蛍光X線			総クロム	ppm	ND	3	-		
			Hg		ND	ND	-		
	総臭素		1.1	ND	-				
その他※メッシュに詰まっ	赤外分光分析 (FT-IR)		-	-	-				

^{*}表中の物性値は代表値であり、品質を保証するものではない。

※2 ND=不検出

^{※1} 引張破断伸び = クロスヘッド移動距離(変位)/標線間距離 × 100



※第1回目衣装ケース回収品評価結果=青色(①~⑧)、第2回目衣装ケース回収品評価結果=オレンジ色(⑨~⑪) 図 2-17. 主要物性データ(第1回目衣装ケース回収品・第2回目衣装ケース回収品)

第2回目衣装ケース回収品のリサイクルでは、PS 樹脂、金属キャスター、紙(粗大ごみ処理券、中敷きの紙など)、毛くず、脱臭剤等の異物が含まれていた。異物の種類は第1回目回収時とほとんど変わらなかったが、事前除去を実施した木製天板が含まれていない分、表 2-8 で示したように第2回目回収時の異物量は少ない結果となった。

衣装ケースの粉砕物には第1回目同様に少量のシール(紙)等の混入が確認されたが、目 視で確認できる異物の量は少なくなったほか、押出機先端に挿入したメッシュに詰まった 異物の量も少なくなったため、押出加工性が向上した。



図 2-18. 衣装ケース粉砕物 (第2回目回収品、いその)



図 2-19. ストランド (第2回目回収品)



図 2-20. 使用済みメッシュ (第2回目回収品)



図 2-21. ペレット (第2回目回収品)



図 2-22. プレート (第2回目回収品)



図 2-23. プレスシート (第2回目回収品)

(4)想定用途

衣装ケース由来の再生樹脂の物性値は、先述したように MFR は平均して 30g/10min 以上で、シャルピー衝撃強度は $5\sim6$ KJ/㎡となる。そのため、高度な樹脂再生技術を有するコンパウンダーであれば、ユーザーの求める物性値に適合できる配合・設計技術を活かし、家電・OA 機器やオフィス家具、工業用途、自動車等の高付加価値分野への展開が可能となる。また、多くは植木鉢や雑貨用などでも使用することができる。

2.1.4.コスト試算等経済性の検証

(1)コスト試算

衣装ケース回収からコンパウンダーでの引取、粉砕・洗浄、造粒工程となるルーダー加工 に関するコスト試算結果を表 2-13 に示す。

トータルでみると、2t パッカー車で回収した場合は 180.2 円/kg(消費税等含まず、以下同)、4t パッカー車の場合は 147.6 円/kg という算出結果となった。4t パッカー車のほうが 2t パッカー車よりも積載効率が高いため、kg あたり単価で 32.6 円/kg のコストダウンとなった。

項目 2tパッカー車 4tパッカー車 衣装ケース回収費 45.2 円/kg 23.5 円/kg 運搬費(パッカー車) 43.2 円/kg 21.5 円/kg 衣装ケース販売価格(有価販売) 2.0 円/kg 2.0 円/kg パッカー車からコンパウンダーでのフレコン詰替費 25.3 円/kg 18.9 円/kg 35.0 円/kg 粉砕•洗浄 35.0 円/kg ルーダー加工費(造粒加工費) 50.0 円/kg 50.0 円/kg 小計 155.5 円/kg 127.4 円/kg 収率(衣装ケース回収重量/再生樹脂化後の重量) 86.3% 86.3% 合計 180.2 円/kg 147.6 円/kg

表 2-13. コスト試算結果

※回収重量=2t パッカー車: 790.0kg、4t パッカー車: 2,010.0kg

衣装ケース回収費については、2t パッカー車で回収した場合は 45.2 円/kg、4t パッカー車の場合は 23.5 円/kg という算出結果となった。

運搬費は 2t パッカー車で 34,140 円/台、4t パッカー車で 43,140 円/台で算出した。本実 証事業において 2t パッカー車での最大積載量は 790kg であったため 2kg あたり単価は 43.2 円/kg、4t パッカー車では同 2,010kg であったため同 21.5 円/kg の運搬費として算出した。また、衣装ケースは有価販売を想定し、各保管施設からの買取価格 1 円/kg とし、コンパウンダーへの販売価格を 2 円/kg と設定した。

なお、本項は1日でパッカー車を積載したことを前提に試算しているが、本実証では2tパッカー車で2日、4tパッカー車で4日を費やした。運搬費抑制のためには1日で満載にできるようにするため、自治体での衣装ケースをまとめて保管し運搬する必要がある。

また、運搬費は本実証で実施した費用を元に算出したが、回収運搬を担当したトベ商事によると、衣装ケースの回収・積み込みに関わる時間を考慮すると上記の運搬費では事業としては成立しないため、衣装ケース回収費として 60~70 円/kg は必要になるという見立てであった。

一方で、コンパウンダーからユーザーへの販売価格を考慮すると、回収費は 30 円/kg 内 に収めなければ事業化が難しいため、運搬費をいかに圧縮するかが課題であることを改め て確認した。

パッカー車で回収した衣装ケースをコンパウンダーに引き渡す際のフレコン詰替費として、2t パッカー車の際は 25.3 円/kg、4t パッカー車の際は 18.9 円/kg という算出結果となった。

2t パッカー車で荷降ろしした際、いそのではフレコン詰替時に要した作業員が $8\sim10$ 名で、作業時間が 0.5 時間であった。 1 名あたりの時給を 4,000 円/時とすると 10 名作業に要した人件費は 20,000 円となり、790kg 回収したため人件費 20,000 円を除算すると 25.3 円/kg と計算できる。

4t パッカー車で荷降ろしした際、石塚化学産業ではフレコン詰替時に要した作業員が 3 名で、作業時間が 3.5 時間であった。1 名あたりの時給を 4,000 円/時とすると 3 名作業に要した人件費は 38,000 円となり、2,010kg 回収したため人件費 38,000 円を除算すると 18.9 円/kg と計算できる。

本実証事業ではパッカー車からコンパウンダーが引き取る際の効率的な方法がなかったため、パッカー車からの荷降ろしはブルーシート上に回収した衣装ケースを広げてからフレコンに詰め替えた。このフレコン詰替費は引渡側、受取側ともに無駄を生じているため、パッカー車から衣装ケースを受け取る際には手作業をできるだけ含めずにダイレクトに設備に投入するような工夫が必要となる。

粉砕・洗浄及びルーダー加工費は、全日本プラスチックリサイクル工業会会員各社の一般 的なコストを適用した。なお、粉砕・洗浄には比重分離も含めているほか、ルーダー加工費 は黒色の加工を想定した。

本コスト試算には、衣装ケース回収重量を再生樹脂化後の重量で除した収率 86.3% (2.1.3(1)回収重量 表 2-6 参照)を含めている。パッカー車への詰め込み時の異物の事前除去による収率向上がコストダウンに大きく影響することを、本実証を通じて改めて確認した。

(2)想定売価

衣装ケース由来の再生樹脂の物性値は先述したように MFR は平均して 30g/10min 以上で、シャルピー衝撃強度は $5\sim6$ KJ/㎡となり、他のポストコンシューマー由来の材料より物性が良く安定しているため、高度な加工技術を活かして 150 円/kg 以上の高付加価値分野への展開を図ることが可能となる。

2.1.5. 環境負荷低減効果の検証

全日本プラスチックリサイクル工業会では 2015 年に PP リサイクルペレットと PE リサイクルペレットについてカーボンフットプリント (以下 CFP) 検証に合格し、一般社団法人サステナブル経営推進機構から CFP 宣言認定製品として認定を受けている。CFP 算出結果を表 2-14 に示す。

東京都は、2030年までに温室効果ガス排出量を50%削減(2000年比)する、「カーボンハーフ」を表明するとともに、この実現に向けて、2019年に策定・公表した「ゼロエミッション東京戦略」をアップデートし、取組を加速させている。従来、衣装ケースのほとんどはサーマルリカバリーされてきたが、こうした衣装ケースのマテリアルリサイクルの推進により、東京都の目指すカーボンニュートラルの実現に近付けることができる。

表 2-14. PP リサイクルペレットの CFP 算出結果

<u> </u>		V / I V OII #HIMA		
項目		数值	単位	
CFP算出結果		0.28	kg-CO₂eq	
	①原材料調達	0.026	kg-CO ₂ eq	
	②生産	0.25	kg-CO₂eq	
内訳	③流通	_	kg-CO₂eq	
	④使用·維持	_	kg-CO₂eq	
	⑤廃棄・リサイクル	_	kg−CO ₂ eq	
CFPマークへの表示		0.28	kg-CO₂eq	
表示単位:		1kgあたり		

2.2.今後の事業化を目指した課題及び解決方法

2.2.1.まとめ

(1) 衣装ケース回収結果の概要

本実証では2回に分けて衣装ケースの回収を実施した。

第 1 回目回収は回収・輸送ルートの検討に加え、衣装ケース排出状況の把握を目的としたため、各保管施設で衣装ケースとして排出された全ての保管品を回収した。この結果、水による比重選別が困難な粗大ごみ処理券等の紙類や木製天板破砕時に発生する木くずが混入し、メッシュ詰まりの原因となった。また、パッカー車での衣装ケース破砕時に木製天板等の反発力の強い素材が飛散することで作業者の負担が増加した。

第 2 回目回収では 2t パッカー車及び 4t パッカー車の最大積載量の把握を目的としたため、再生樹脂作製の阻害要因となる木製天板や金属レール・金属キャスター等を回収対象外とし、PP 樹脂製の衣装ケースのみを回収することを設定した。この結果、リサイクル材に混入した異物の量が減少した。

表 2-15. 第1回目及び第2回目の衣装ケース回収における目的と狙い

項目	目的	狙い	
第1回目回収	・回収・輸送ルートの検討	・効率的な輸送ルートの構築	
	衣装ケース排出状況の把握	・異物含有状況の確認	
第2回目回収	・回収するパッカー車への最大積載	. 1- * なり単体の美国の畑根	
	量の把握	・kg あたり単価の差異の把握	

表 2-16. 第1回目及び第2回目の衣装ケース回収における集荷基準と集荷結果

項目	集荷基準 集荷結果		
第1回目回収	・全ての保管品を回収 ・全での保管品を回収 ・パッカー車での衣装ケース	・水による比重選別が困難な粗大ご	
		み処理券等の紙類や木製天板破砕	
		時に発生する木くずが混入し、メッ	
		シュ詰まりの原因となった。	
		・パッカー車での衣装ケース破砕時	
		に木製天板等の反発力の強い素材	
		が飛散することで作業者の負担が	
		増加した。	

第2回目回収	・PP 樹脂製衣装ケースのみを回収	
	(衣装ケースに付属する木製天板、	・リサイクル材に含まれる異物の量
	金属レール・金属キャスター等は回	が減少し、歩留まりが改善した。
	収対象外に設定)	

(2)回収重量

第1回目回収及び第2回目回収における重量推移を表 2-17に示す。

第 2 回目回収では木製天板等の事前選別を実施したため、回収重量からみたリサイクル 可能な樹脂の歩留まりは 3.5 ポイント改善した。

粉砕洗浄 粉砕前に異 リサイクル 槽に沈んだ 回収重量 回収数量 後の総重 物として取 り除いたも 実施 可能な樹脂 (PPと微量 1個当たり 異物(金 回収重量と (個) (kg) 平均 属、PP・PE の差分 歩留まり の(金属、 (kg) のPE) 以外の異樹 木片など) 2,131 第1回目回収 5,550.0 2.6 5,422.3 4,944.0 89.1% 292.1 186.2 -127.7第2回目回収 2,026 4,300.0 4,181.5 3,982.0 141.5 2.1 92.6% 58.0 -118.5

表 2-17. 回収重量推移 (第1回目回収・第2回目回収)

また、髙六商事では第 1 回目及び第 2 回目の衣装ケース回収品の全量リサイクルを実施した。歩留まりの比較を表 2-18 に示す。

回収重量からみた歩留まりは 11.8 ポイント改善、リサイクル可能な樹脂重量からみた歩留まりは 4.9 ポイント改善した。歩留まり改善の要因としては、パッカー車への投入時に木製天板等の異物の事前除去を実施したためであると考えられる。

表 2-18. 衣装ケース回収品リサイクルにおける歩留まり比較(髙六商事)

- 	歩留まり		
実施	回収重量	リサイクル可能な樹脂 (PPと微量のPE)	
第1回目回収	81.2%	94.0%	
第2回目回収	93.0%	98.9%	

(3) 作業時間

本実証では各保管施設からパッカー車への積み込みにおいてどの程度の作業時間が発生 するか把握するため、第1回目の衣装ケース回収時の作業時間を記録することとした。

保管施設 4 拠点(江東区清掃事務所、江戸川区南部粗大ごみ持込施設、江戸川区北部ごみ持込施設、葛飾区清掃事務所)における衣装ケース 1 個当たりの作業時間の平均は 37 秒となった。各保管施設での作業時間に開きがある結果となったが、衣装ケースの保管状況が回収作業時間に影響を与えているほか、積み込み時に衣装ケースの破裂に伴う飛散等などの影響も受けた。

(4)物性評価

第 1 回目衣装ケース回収品では、コンパウンダー各社の物性結果は差異がそれほど発生 しない結果であったが、水に浮いてしまう木や紙、毛くずなどの混入がメッシュ詰まりの原 因になった。

第2回目衣装ケース回収時に発生した異物の種類は第1回目とほとんど変わらなかったが、第2回目回収では衣装ケースの回収時に木製天板を除去したため、押出機先端に挿入したメッシュに詰まった異物の量が減少した。

衣装ケース由来の再生樹脂の物性値のうち、MFR は平均して 30g/10min 以上で、シャルピー衝撃強度は 5~6KJ/㎡となる。そのため、高度な樹脂再生技術を有するコンパウンダーであれば、ユーザーの求める物性値に適合できる配合・設計技術を活かし、家電・OA 機器やオフィス家具、工業用途、自動車等の高付加価値分野への展開が可能となる。

(5) コスト試算

衣装ケース回収からコンパウンダーでの引取、粉砕・洗浄、造粒工程となるルーダー加工に関するコスト試算結果は、トータルでみると 2t パッカー車で回収した場合は 180.2 円/kg (消費税等含まず、以下同)、4t パッカー車の場合は 147.6 円/kg という算出結果となった。 4t パッカー車のほうが 2t パッカー車よりも積載効率が高いため、kg あたり単価で 32.6 円/kg のコストダウンとなった。

2.2.2.衣装ケース回収における課題と解決方法

本実証事業で得られた結果をもとに、衣装ケースリサイクルにおける課題と解決方法を表 2-19 に示す。衣装ケースをリサイクルするためにはコンパウンダー自身の課題に加え、自治体や回収業者、また衣装ケースを製造する衣装ケースメーカーそれぞれが持つ課題を解決する必要がある。

表 2-19. 衣装ケースリサイクルにおける課題と解決方法

表 2-19. 衣装ケースリサイクルにおける課題と解決方法				
対象	課題	解決方法		
	異物混入に対する歩留まり及び	・異物の事前除去による歩留まり改善		
	作業性の低下	・オートスクリーンチェンジャー機能		
		搭載の押出機の活用		
コンパウンダー	衣装ケース受入時の作業手順が	・パッカー車からコンパウンダーの設		
	未確立であること	備にダイレクトに投入する受入方法や		
	受け入れた衣装ケースの収集ル	風力選別等の各種選別技術の活用等		
	ートの効率化と保管場所確保	・自治体、回収業者との事前協議に基		
		づく効率的な回収ルートの確立		
	衣装ケース以外のプラ製品や異	回収基準を定めた引取条件や価格につ		
	素材付属部品の取り扱い	いて、回収業者やコンパウンダーとの		
		事前協議		
	メッシュ詰まりの原因となる紙	ルーダー加工時に溶けるプラスチック		
	製粗大ごみ処理券の見直し	製の粗大ごみ処理券への変更		
加生活鄉	衣装ケース保管場所の確保	・衣装ケースの排出実態の把握		
収集運搬		・最も効率的な回収回数の検討		
	衣装ケース破砕時の騒音発生	騒音問題の少ない保管施設への集約		
	破片の飛散等への対応	・パッカー車の蓋を閉めてから回転盤		
		を回すことで破片の飛散防止を図る		
		・反発力の強い木製天板などの異材は		
		パッカー車へ投入しない		
	回収・輸送コスト効率化の検討	・効率的な回収方法の確立		
		・大型パッカー車の使用検討		
衣装ケース				
メーカー	・PP 以外の異素材部品が取り外	・異素材部品を除去しやすい易解体設		

しにくい	計に基づいた衣装ケースの開発
・PP 樹脂製品であるか分かりに	・PP であることが分かる材料表示・刻
< v	印の付与

(1) コンパウンダー

本実証事業を通じて、コンパウンダーでは異物混入に対する歩留まり及び作業性の低下や、衣装ケース受け入れ時の作業手順が未確立であること、受け入れた衣装ケースの収集ルートの効率化と保管場所の確保が課題となることを確認した。

衣装ケースは PP 樹脂製のタイプがメインとなるが、一部では木製天板や金属レール・金属キャスターなどの異素材が使用されているほか、図 2-2 で示した紙製の粗大ごみ処理券が貼り付けられているケースもある。こうした異物のうち金属類は比重選別で選別可能であるが、水に浮いてしまう紙類や木くずなどは選別が難しいため、異物の事前除去による歩留まり改善に取り組むことが求められる。

また、選別できなかった異物はルーダー加工時にメッシュで除去するが、本事業では 60 メッシュで 20 分、30 メッシュでは 1 時間程度でメッシュの目詰まりが発生した。異物の含有量やメッシュ交換頻度にもよるが、押出機にはオートスクリーンチェンジャー機能が搭載されていることが望ましい。

コンパウンダーでは回収業者が集荷した衣装ケースを受け入れた後、異物処理やフレコンへの詰め替え作業を実施したが、表 2-20 で示すように、こうした作業に 180 分~480 分程度の人件費(投入時間=作業時間×人数)が発生したため作業の効率化が求められる。また、限られた敷地内における衣装ケースの一時保管場所の確保も課題となった。

今後、衣装ケースの回収が事業化されればパッカー車 1 台当たりの衣装ケース積載量の増加が予測されるため、受け入れ後の異物処理やフレコンへの詰め替え作業時間がさらに増えることになる。パッカー車からコンパウンダーの設備にダイレクトに投入する受入方法や風力選別等の各種選別技術の活用、また自治体、回収業者との事前協議に基づく効率的な回収ルートの確立などを検討する必要がある。

表 2-20. 衣装ケース回収品の受け入れ作業

コンパウンダー	実施日	人数 (人)	作業時間 (分)	投入時間 (分)	フレコン (本)
いその	12/12(月)	8	60	480	13.5
	12/16(金)	4	60	240	13
石塚化学産業	12/13(火)	2	120	240	13
14 场化于庄未	12/22(木)	2	150	300	10
	12/14(水)	6	30	180	10
進栄化成	12/17(土)	6	30	180	10
	12/20(火)	8	60	480	14
髙六商事	12/15(木)	1	300	300	7
	12/24(土)	2	150	300	7

(2) 収集運搬

コスト試算で述べたように、収集運搬時の効率化はコストダウンに大きく影響する。収集 運搬時の課題として、衣装ケース以外のプラ製品や異素材付属部品の取り扱い、ルーダー加 工時にメッシュ詰まりの原因となる紙製粗大ごみ処理券の見直し、衣装ケース保管場所の 確保、パッカー車での破砕時に発生する騒音対策、パッカー車での破砕時に発生する破片の 飛散への対応、回収・輸送コストの効率化についての検討が挙げられる。

本実証時では各保管施設に対し衣装ケースに限定した保管を要請したが、衣装ケース以外のカゴやバケツなどの保管例も少なからずあった。また、衣装ケースに付属している木製天板や金属レール等の PP 樹脂以外の異素材が使用されていることも少なくない。カゴやバケツが PP 樹脂製である場合、衣装ケースとともに回収対象とするのか、またコンパウンダーでの歩留まり低下を招く木製天板等の異素材の事前取り外しあるいは回収対象外とするなど回収基準を定める引取条件およびその際の価格について、回収業者やコンパウンダーと事前に協議しておくことが重要となる。

東京都の各自治体が各家庭から排出される粗大ごみを回収する際、図 2-2 の「有料粗大ごみ処理券」を貼付する必要があるが、同処理券には粗大ごみから剥離しないように接着性の強い紙が使用されている。衣装ケースに「有料粗大ごみ処理券」が貼付された状態で粉砕・洗浄を行っても、衣装ケースの粉砕品は水による比重選別で選別されるため、水に浮いてしまう紙類の選別は困難となることから、紙類の混入はルーダー加工時のベントアップの原因となってしまう。紙製粗大ごみ処理券をリサイクルしやすいプラスチック製に変更すれば、ルーダー加工時に溶けるためメッシュの目詰まりを引き起こすことがなくなるため、衣装ケースに貼付する材料変更などの検討が必要となる。

各自治体の保管施設では敷地面積が限られていることに加え、大型車の入出庫や一般車両の進入への配慮も求められるため、衣装ケースの最適な保管場所の検討が必要となる。衣装ケースの排出実態の把握のほか、どの程度の日数で回収することが最も効率的な回収回数となるか検討する必要がある。

今回協力を得た各保管施設のなかには住宅街に位置する保管施設もあり、パッカー車に 衣装ケースを積載する際、破砕音が騒音として問題になる可能性があることを確認した。横 持ち配送によるコストアップのレンジを見極めながら、騒音問題の少ない保管施設への集 約などを検討する必要がある。

本実証では衣装ケースを粗破砕しながら回収することでパッカー車 1 台当たりの積載量増加を図り、リサイクル原料となる衣装ケースの回収・輸送コスト低減を目指した。しかし、衣装ケース破砕時に発生する破片の飛散等が作業者の負荷を増大させた。そのため、図 2-24 で示したようにシートとマグネットを使用して破砕物の飛散防止を図ることや、パッカー車の蓋を閉めてから回転盤を回すなどの対策を講じる必要がある。また、パッカー車の蓋が曲がったり飛ばされたりする原因となる反発力の強い木製天板などの異材は手解体、あるいは回収対象から除外しパッカー車へ投入しない取り組みも有効となる。

コスト試算で示したように、コンパウンダーによる事業化可能な回収業者への支払いが 30 円/kg 以内であるのに対し、今回の回収運搬業務を担当したトベ商事では 60~70 円/kg の費用を見込むなど、双方の費用イメージに乖離が生じている。回収業者と自治体が引取条件(回収する衣装ケースの定義、異物の事前除去、双方に負荷の少ない保管場所の確保等) を予め定めた効率的な衣装ケース回収方法の確立を前提に、積載効率の高いパッカー車の活用によるコストダウンが必要となる。

なお、本実証では衣装ケースの回収・輸送コスト低減を目的に 20 立米クラスの大型パッカー車の使用による積載効率の向上を検討したが、大型パッカー車は車両自体が大きいことに加え積み込み用の機械を必要とするケースが多く、郊外と比べて敷地面積の狭い東京都内の集積場には不向きであることから今回の事業での実施は見送った。しかし、積載量の増加による回収・輸送コストの低減を図るために大型パッカー車の使用については継続して検討する必要がある。



図 2-24. 破砕物の飛散防止対策

(3) 衣装ケースメーカー

コスト試算で述べたように、収率(衣装ケース回収重量/再生樹脂化後の重量)の向上が コストダウンに大きく影響する。収率を高めるための取り組みとして、衣装ケースメーカー に対し PP 樹脂以外の異素材部品を除去しやすい易解体設計に基づく衣装ケースの開発や、 材料表示・刻印の付与が求められる。

第 2 回目衣装ケース回収時は事前に異物を除去しながらパッカー車に積載したことで、 再生樹脂加工時の収率は回収重量からみた歩留まりは 11.8 ポイント改善、リサイクル可能 な樹脂重量からみた歩留まりは 4.9 ポイント改善した。ただし、実際のパッカー車積載時に は木製天板や金属レール・金属キャスターの取り外しに多くの時間を要したため、衣装ケー スには PP 樹脂製以外の異素材部品を容易に取り外しやすくする易解体設計に基づいた開 発が求められる。

また、PP 樹脂製衣装ケースは乳白色の色が多いが多種多様な色があるほか、比較的透明なタイプとなると、PS 樹脂製レターケースなど作業員によっては見分けにくいものも少なくない。自動車分野では100g以上の部品については、JIS K 6999 (ISO 11469)「プラスチック・プラスチック製品の識別及び表示」によりプラスチック製品の識別と表示がなされている。衣装ケースなどの日用品に対してもPP 樹脂であることが一目でわかるような材料表示・刻印があれば、作業者がPP 樹脂製衣装ケースに特化して回収を進めることができ、収率向上につなげることができる。