

衣服回収の実態と LCA 事例調査

The current status of used clothing collection and LCA case studies

2023 年 9 月 12 日

日揮ホールディングス株式会社

帝人株式会社

国立大学法人東京大学



TEIJIN



目次

要約

Executive Summary

1. Introduction	1
2. 回収方式の事例	1
3. リサイクル技術の事例	4
4. 回収実証データ	6
5. 繊維リサイクルに関する LCA 報告書の事例紹介	8
6. PET ボトルの LCA 事例と繊維製品	11
7. 不要になった衣服の店頭回収にあたる消費者行動に関する考察	15
8. まとめ	18
9. 参考資料	18

要約

日揮ホールディングス株式会社、帝人株式会社、東京大学が2021年に立ち上げた「持続可能な繊維産業のエコシステム構築に向けた産学連携ワーキンググループ」では、日本における繊維産業のサステナブル化に向けた課題を抽出し、取りまとめた。前年度の成果を踏まえ、今年度は日本における衣服回収の現状を明らかにすることに重点を置いた。衣服回収の方式及び回収後のリユース/リサイクル技術の比較、更には国内で衣服回収を実施した実証データをまとめ、国内における衣服回収とその処理スキームを整理した。加えて、衣服の活用による環境削減効果を理解するために、衣服リユース/リサイクルに関連するライフサイクルアセスメント(LCA)の文献や報告書を調査し、取りまとめた。その結果、以下の3点が結論として導かれた。

- 各回収方式では回収可能な衣服の質・量に違いがあり、回収主体や回収を実施する目的などによって適切な方式を選択する必要がある
- 今回の実証条件において一般消費者から衣服を回収した際には綿100%の衣服が20%程度、PET100%の衣服が10%程度の割合で含まれていた
- 一般的には環境負荷削減への寄与効果はリユース>マテリアルリサイクル>ケミカルリサイクルであるとの認識が強いが、対象となる原料や想定する製品によって結果が異なるため慎重な検討が必要である

調査結果を踏まえて、循環型ファッションの実現には以下の4点が重要課題として挙がる。

- 衣服回収には、回収～分別～リユース・リサイクルまでの最適化された一連のエコシステムの醸成が最重要課題である
- リサイクルを実施する際には製品は単一素材であることが好ましいが、リユースも含めた各種技術を考慮したうえで回収要領を決定する必要がある
- 消費者、業界の各界各層がその重要性を理解し、行動変容に繋げる「ナッジ・ブースト」だけに頼らない具体策が必要である。
- 衣服の循環システムを国内で実装していくにはエコシステム醸成に向けた行政の全面的な支援が期待される。

Executive Summary

This report serves as a second output from the Textile Recycling Workshop, which was launched by JGC Holdings Corporation, Teijin Limited., and The University of Tokyo in 2021 to undertake fashion's sustainability challenges in Japan. Based on the outcome from the initial year, the second year has placed a focus on uncovering the present status of used garment collection in Japan. The working group members first reviewed the End-of-Life (EoL) pathways of used garments in Japan, and performed data collection in seven garment collection events. In addition, to quantitatively understand the contribution of clothing reuse and recycling to the environmental sustainability of fashion, relevant life cycle assessment (LCA) case studies were reviewed.

The outcome of the workshop activities can be summarized into the following three points:

- The used clothing collection methods in Japan are diverse in terms of the quality and quantity of garments that can be collected. Thus, it is necessary to select the appropriate method depending on the collection entity and the purpose of collection.
- Based on the on-site data from the clothing collection events targeting consumers, about 20% of the collected garments were 100% cotton and about 10% of that were 100% PET.
- It is generally recognized that the effectiveness of the environmental contribution is in the following order: reuse > material recycling > chemical recycling. However, quantitative analysis results can vary depending on the target raw materials and product assumptions.

Based on the outcome, we convey that following three items shall be considered as critical issues:

- To foster used clothing collection in Japan, a series of optimized eco-systems comprised of collection to sorting to reuse/recycling must be built.
- Although a single material-product is ideal for recycling, it is necessary to determine the collection procedure after considering various technologies, including reuse.
- To increase the awareness on the importance of fashion sustainability and induce behavioral change among consumers and industries, measures that do not rely solely on "nudge boosting" are needed.
- We request full support from ministries and government agencies for fostering an ecosystem to realize sustainable fashion.

1 Introduction

昨今、欧州を初めとしてサーキュラーエコノミーの潮流が強まっており、家電や自動車など、製品として使用したものを再び製品としてリサイクルし循環させていく社会システムの実装が求められている。様々な製品の中でも“衣服”はすべての人が生活をする上でかかせない要素であるにも関わらずリユース・リサイクル率は約 3 割程度であり、資源として広く回収・リサイクルが行われている PET ボトルやアルミ缶の約 9 割と比べると非常に低いのが実態である。

日揮ホールディングス株式会社、帝人株式会社、東京大学は国内における衣服リサイクルシステムの実装に向けた課題抽出と提言をまとめるべく、「生産から流通・消費・リサイクルまでのライフサイクルを通して循環型ファッションを実現する」ことをビジョンとして 2021 年にワーキンググループ (WG) を立ち上げ、全 5 回の WS を開催した。WS で纏められた提言の中では、衣服の循環には後段のリユース・リサイクル技術を見据えた回収システムの確立が非常に重要な要素であると結論付けられた。[1]

本報告書においては、衣服回収システムにおいて複数ある回収方式およびリサイクル技術の知見をまとめ、更に国内にて実施した衣服回収の実データを記載することで国内における衣服循環システムにおいてどのような回収・リユース/リサイクルスキームを構築していくべきかの参考情報を整理することを目的とする。

2 回収方式の事例

衣服回収にはいくつかの手段が存在する。既存の衣服回収ではリユースを主目的としている事例が多く、それぞれアパレルや行政で回収スキームを構築し消費者からの衣服回収を実施している。いずれも回収可能な衣服の量や品質、処理する際の責任所掌などが異なるため、事業者の目的や業態に適した回収方式を選択する必要がある。本章では代表的な 3 つの回収方式について記載する。

なお、消費者から回収した衣服は通常であれば廃棄物であるが、「専ら再生利用の目的となる産業廃棄物または一般廃棄物 (以下、専ら物)」における古繊維として扱われ、収集運搬・処理事業者は廃棄物処理法の業許可が免除される可能性がある。ただし、“古繊維”として扱う判断基準は管轄行政により異なる (例: 綿 100% の製品は古繊維とするが合成繊維は含まない、など) ため、全国で統一された見解になっておらず、国内の衣服回収を阻害する要因の一つになっていると考えられる。従い、回収を実施する際には廃棄物処理法上における衣服の扱いを管轄行政に確認することが重要である。

2.1 恒久的な店頭回収

恒久的な店頭回収としてはアパレル店舗などで回収 BOX を設置して日常的に衣服回収を実施している事例がみられる。店員が勤務している店内に常設されている場合が殆どであるため、消費者は回収 BOX に投入する際に不明点などを店

員に質問しやすく店側としても異物の混入を監視しやすい。

ただし、回収チャンネルが実店舗のみとなるため店舗数の少ない地域によっては回収店舗へ持ち込むこと自体が難しくなってしまう場合もある。

2.2 イベント回収

地域や店舗でのイベント開催時にイベントの一環として衣服回収を実施する事例である。普段よりも多くの来場者が見込めるため、1日単位で考えると回収衣服の量も多くなる傾向がみられる。また、回収のための設備や人員を常時用意する必要がないため、主催者側の負担も恒久的な回収と比較すると軽くなる。

ただし、イベント毎での回収となるため安定的な回収が難しいといったデメリットも考えられる。

2.3 行政回収

市町村が通常のごみ回収に加えて資源として衣服回収を実施する方式である。既に PET ボトルや空き缶など、資源としての価値が認められている廃棄物（資源物）については通常のごみ回収に加えてこれらの資源物の回収を実施している市町村が殆どである。資源物の回収と比較すると、衣服（古布）の回収を実施している自治体は全体の 45%程度[2]と、非常に低い割合であることが見受けられる。理由としては処理コストや回収スキームの構築に課題があるなどが考えられるが、廃棄衣服の大多数は消費者由来（post-consumer）である[3]ため、実施していない自治体で新たに回収を始めることで大幅な衣服回収量の増大が期待される。

ただし、行政での資源回収の場合は前述の 2 方式と異なり立会人が存在しない場合が多いため、異物の混入や悪戯などの懸念が考えられる。回収 BOX を公民館などの公共施設に設置する拠点回収もあるが、実店舗での回収と比較すると回収チャンネルが限られてしまう。

以下の表にこれら代表的な方式とその他の衣服回収方式をまとめた。各方式によって回収衣服の量や質、メリット・デメリットが異なるため、事業者は自身の目的に沿った回収方式を選択する必要がある。また、衣服を持参した消費者に対してクーポンなどのインセンティブを付与するケースもあり、回収量の増加を期待できるが、事業者の負担が大きくなる・衣服のリサイクルにかかるコストがかさんでしまうデメリットもある。インセンティブの付与についてはイベントや店舗毎に実施の状況が異なるため、今回は対象外とする。

表 1 回収方式の種類

回収方式	責任所在	回収	運搬	処理	メリット	デメリット	回収衣服の性状	
							回収量	汚れ・異物混入
恒久的な店頭回収	事業者が排出元となるため事業者 に責任が帰属するが、有価物として 引き渡した際はリサイクル業者の所 掌となる	事業者	事業者/ リサイクル業者	リサイクル業者	・立会人(店員)がいるため回収の際に問合せをしや すい ・異物の混入が少ない ・消費者の日常の動線に店舗が存在する場合は、 回収へのハードルが低くなる	・回収BOXの管理/運営にそれなりの人員やコス トが必要となる	△	○
イベント回収					・単発的な回収となるため、安定的な回収には 繋がりにくい ・イベントの度に回収要領や受入スキームを検討 する必要がある	△	○	
集団回収	一般市民から受け取った時点で、 回収を実施しているNPOや自治会 の所掌となる	NPO, 自治会など		リサイクル業者	・地域密着かつ立会人もいるパターンが多いため、 市民が衣服回収に参加しやすい ・行政からの補助金などを受けられる場合もある	・企業回収や行政回収と異なり、収益や税金で の運営が難しいため、ボランティアで成立している 事例が多い	△	○
行政回収	廃棄物であれば行政に責任が帰属 するが、現状は古紙業者が有価で リサイクル業者に販売している事例 が殆どであるため、リサイクル業者の 所掌となる場合が多い	行政		古紙業者/ リサイクル業者	・消費者由来の衣服全体(潜在ポテンシャル：約 60万トン/年)が対象となるため、大幅な回収量の 増加が期待できる ・一般的な資源回収と同時に回収している際は回 収スキームの整備が簡易且つ回収にも出しやす い ・税金目付膨大な回収インフラを活用して回収する ため、回収可能な規模が最も大きい	・回収に出すハードルが低いいため質の低い(汚れて いる・異物混入等)の衣服が一定数混入する可 能性がある ・公民館などでの拠点回収の場合は、店頭回収 等に比べて回収拠点が少なくなる可能性がある	○	×
リサイクルショップなど による回収		事業者			・リユース業者が直接引取りをしているので、買取を してくれるケースが多い	・事業者によっては買取の規定が細かい/買取価 格が低い、など消費者にとって持ち込みインセン ティブが働きにくくなる可能性がある	△	○

※ 衣服は専ら物に相当する場合が多いため、同様に専ら物である古紙を扱っている業者が回収・運搬を担っている事例が殆どである

3 リユース・リサイクル技術の事例

繊維・衣服製品のリユース・リサイクル技術には多様な技術が存在する。各種技術については2021年度の報告書にも記載したが、実現に向けた経済的・技術的課題の視点を加えた比較表を記載した。いずれも受入可能な原料や実装に向けた課題が異なるため、回収スキームを構築する際にはこれらリユース・リサイクル技術を考慮する必要がある。

また、これらの技術に共通する課題として「衣服の輸送コスト」と「衣服の選別コスト」が挙げられる。衣服は嵩比重が低いいため、長距離を輸送する程、総処理費用に占める輸送コストが高くなる傾向にある。改善のためには効率的な輸送スキームや圧縮梱包などの技術が必要となるが、現状は回収を実施した事業者負担とすることでリサイクル側のコスト負担にならないようにしている事例が多数である。また、消費者由来の衣服を回収しリサイクルする際には、様々な性状の衣服を各技術に適した衣服毎に選別する必要があり、そのコストもリユース・リサイクルを実装する場合には避けられないコスト要因となる。現状は殆どの事業者において手選別での選別を行っているが、相当年数着古した衣服ではタグが消失しているなどで組成での選別が困難な事例も多数あり、効率化を図るには製品設計から検討していく必要があると言える。

表2 国内にて商業化されているリユース・リサイクル技術一覧

分類	技術名	受入可能な素材	再生品	課題	
				経済性/外部環境	技術
シェアリング	シェアリング	・劣化が少なく、かつ一定価格以上の衣服 ・耐久性に優れた合成繊維が多い	シェアリング衣服	・シェアリングというビジネスモデル自体が比較的新しい概念であるため、消費者に周知し認識を深めてもらう必要がある ・冠婚葬祭などの需要が多く、普段使いの衣服は対象外となるパターンが多かった（昨今は普段着のシェアリングも広まりつつある）	・製品寿命を定量化する仕組みが必要
中古販売	オークション（メルカリ）など	汚れ/劣化が少なく、なおかつ一定以上の市場価値が見出されるもの	中古衣類	・古着価値が高い衣服しか対象にならない （ファストファッションの衣服のリユースは困難）	・現状のプラットフォームでは客観的な製品の品質評価の仕組みがないため、個人での出品を行う場合は質の担保が難しい ・リユースを目的とした場合、手選別以外の効率的な選別技術/スキームが未成熟
リユース	中古販売 国内リユース 海外リユース		リユース古着	・海外リユースにおいて経済性を担保するには選別工程を国外の人件費の安い作業員にて行う必要があり、国内で工程を簡潔させることが難しい（現状はマレーシアなどの海外に送り、現地の作業員にて選別を行っている） ・中古衣服を必要とする新興国＝熱帯の国々においては、冬物の衣服は不要となるため廃棄されてしまう ・バーゼル条約などの法規制により、海外への輸出が禁じられる可能性がある	・リユースを目的とした場合、手選別以外の効率的な選別技術/スキームが無い ・国外に輸出するスキームにおいては、現地のブローカーに引き渡し後の用途が不明になるため、衣類が有効活用されたことに関するトレーサビリティが担保できない
マテリアルリサイクル	反毛	・綿あるいは綿PET混紡 ・綿比率の高い衣類と混合することにより高PET比率な衣服も処理可能	フェルト、車の防音材など	・防音材として製品利用する場合、製品化可能な量が国内の自動車生産規模に影響される ・昨今はコロナ禍により、原料不足の状況となっている	・現状、防音材（自動車部品）として使用後は焼却処分されるのみで循環利用は困難
	再紡績	綿100%	新たな繊維製品（デニムなど）	・バージン原料も投入する必要があるため、コスト高となる場合もある	・異物の除去が難しい再紡績技術の場合、添加物質の除去が難しいために製造元が確かな原料しか対象にできず、また難燃剤などの除去も難しいため用途が限られる ・染料の除去が難しい場合、製品は様々な色が混合した色合いになってしまう ・廃衣服のみでは品質の問題があり、一定程度のバージン原料も投入する必要がある
	ウエス	・綿比率の高い素材 ・使用用途によっては化繊素材も適用可能	ウエス	・国内の産業が縮小していくに伴いウエス需要も減少するため、ウエス製品としての受入規模に上限がある	・現状、ウエスとして使用後は焼却処分するのみで循環利用は困難
ケミカルリサイクル	モノマー化（PET）	・高PET比率衣服 ・着色された衣服でもリサイクル可能な技術も存在	PETチップ	・経済性を担保するためには一定規模以上のプラント（万吨レベル）を建設する必要があるが、規模を大きくするほど経済性及び環境効果が最大化される ・現状の衣服設計だと消費者由来の回収衣類のうち高PET比率衣服は10%程度であるため、大量の衣服を回収する必要がある	・綿や異素材が多量に含まれる場合は、処理効率が低下するため、経済性が悪化する
	ガス化	・マテリアルリサイクルやモノマー化で対応が難しい素材（ナイロンなど）や混紡素材も処理可能	合成ガス ⇒メタノール、アンモニア	・経済性を担保するためには一定規模以上のプラント（万吨レベル）を建設する必要がある ・衣服反応時の熱量が低い（ガス化にとってはあまり好ましくない）分、逆有償費が割高になる可能性がある	・衣服のみでは熱量が低いため、熱量の高い廃布類を混合する必要がある ・衣服を投入可能な割合は別途技術検討が必要となる
サーマルリカバリー（旧：サーマルリサイクル）	廃棄物発電（RPF化）	廃衣服全般	RPF ⇒熱/電気	・欧州サーキュラーエコノミーの潮流から推奨されなくなっていく可能性が高い	・RPFとして加工する際には、木くずや廃布などの他原料と混合する必要がある

※ 綿を多く含む衣服でも受入可能だが、収率の低下による経済性の悪化を考慮すると PET 比率の高い衣服が好ましい

4 回収実証データ

回収方式とリサイクル技術について情報を整理してきたが、回収事業を実装するためには実回収における具体的な衣服の量/性状のデータを実証にて確認していく必要がある。

今回、企業とタイアップしたイベント回収の事例として WS の参画企業でもある株式会社チクマの「チクマノループ®」活動の一環で回収した衣服の調査を行い、比較若い女性を対象とした場合の衣服回収量とその組成調査を実施した。加えて、行政回収の実例として横浜市の古繊維業者であるナカノ株式会社へヒアリングを実施し、彼らが対象としている行政回収衣服の組成調査の結果を取りまとめ、比較を行った。その結果を以下に示す。

4.1 イベント回収実証結果

表3 イベント回収実証時の衣服回収結果

No.	事例	開催場所	回収期間	来場者数 (回収協力者)	衣類組成(kg)				衣類組成(枚)				各組成におけるTopアイテム(kg)		備考
					綿 100%	PET 100%	その他	Total	綿 100%	PET 100%	その他	Total	綿100%	PET 100%	
1	ファッションイベント	北九州	1日	約1万人	53.4	17.8	62.3	133.5	238	95	293	626	①Tシャツ:58%	①スカート:27%	・衣類回収の特典としてお菓子を贈呈
					40%	13%	47%	100%	38%	15%	47%	100%	②デニム:24%	②トップス:26%	
2	ショッピングモール	静岡	2日	-	3.4	3.1	18.5	25	15	14	50	79	①Tシャツ:32%	①トップス:52%	・インセンティブは特になし
					14%	12%	74%	100%	19%	18%	63%	100%	②デニム:26%	②アウター:45%	
3	ファッションイベント	静岡	1日	約7000人	40.9	8.9	91.5	141.3	200	51	255	506	①Tシャツ:50%	①スカート:31%	・衣類回収の特典としてタンブラーを贈呈
					29%	6%	65%	100%	40%	10%	50%	100%	②デニム:13%	②スポーツシャツ:21%	
4	ショッピングモール	和歌山	2日	-	12.7	3.6	52.2	68.5	77	16	248	341	①トップス:42%	①ボトム:33%	・インセンティブは特になし
					19%	5%	76%	100%	23%	5%	73%	100%	②Tシャツ:35%	②アウター:28%	
5	ファッションイベント	和歌山	1日	約8000人	6.8	5.1	8.5	20.4	36	20	30	86	①Tシャツ:42%	①アウター:47%	・衣類回収の特典としてお菓子を贈呈
					33%	25%	42%	100%	42%	23%	35%	100%	②トップス:35%	②トップス:25%	
6	ファッションイベント	東京	1日	約3万人 (約150人)	38.7	19.7	62.2	120.6	119	62	193	374	①デニム:42%	①アウター:44%	・衣類回収の特典としてお菓子を贈呈
					32%	16%	52%	100%	32%	17%	52%	100%	②Tシャツ:35%	②スカート:20%	
7	みなとみらい サーキュラー・ウィークエンド	横浜	2日 (金・土)	不明 (2~30人)	1.3	1.2	3.6	6.1	9	6	11	26	①デニム:54%	①アウター:42%	・衣類回収の特典としてQUOカードを贈呈
					21%	20%	59%	100%	35%	23%	42%	100%	②Tシャツ:46%	②スカート:25%	

4.2 行政回収事例

表4 行政回収時の衣服回収結果

No.	事例	開催場所	回収期間	回収対象者数	衣類組成(kg)				衣類組成(枚)				Topアイテム(kg)		備考
					綿 100%	PET 100%	その他	Total	綿 100%	PET 100%	その他	Total	綿100%	PET 100%	
1	ナカノ株式会社 殿 (関東近辺より回収)	横浜	-	-	172	103	725	1000	集計せず				集計せず		・対象自治体の回収衣類から無作為に1,000kgを抜き出し、各種素材別の分別を実施した
					17%	10%	73%	100%							

上記結果のうちイベント回収に着目すると、消費者から回収した衣服のうち綿100%の衣服は20~30%程度、PET100%の衣服は平均して5~15%程度であることが判明した（事例 No. 5 および 7 は回収量が極端に少ないため外れ値と見做し、除外）。

また、綿およびPET100%の衣服である割合が多かったアイテムを抽出すると、Tシャツおよびデニムが綿100%である割合が高く、スカートやトップス（女性物）がPET100%の割合が高くなることが確認できた。これは、Tシャツは綿100%の素材で作る製品が多いこと、デニムは基本的に綿100%で製造されることから、これら2つのアイテムが綿100%の衣服として多く回収されたと考えられる。また、スカートやトップスなどの女性物がPET100%の素材が多いことについては、女性物がアイテムあたりの単価が男性物と比較して低い傾向にあるため、材料費を抑えるために比較的安価なPETを使用しているケースが多いと考えられる。

これらイベント回収の結果に対して、ナカノ殿で実施された行政回収では、綿100%の素材は17%、PET100%の素材は10%程度と、イベント回収に比べて単一素材の衣服がやや割合が低い結果であった。これは、行政回収においては今回対象としたイベント回収よりも比較的年齢層の高い消費者からの衣服が集まることから単一素材の衣服の割合が低くなっているものと考察される。

上記実証結果を総合すると、消費者から衣服を回収した場合には、綿100%の衣服が20%程度、PET100%の衣服が10%程度含まれることが確認できた。

5 繊維リサイクルに関する LCA 報告書の事例紹介

繊維産業のサステナブル化には繊維製品のリユースやリサイクルが有効であるとの見解が広まる中で、それらが他の処理方法と比較して具体的にどれほどの環境負荷削減効果があるのかを算定した事例は極めて少ない。リユースやリサイクルは繊維製品の末路として主流ではなく、リユースやリサイクルに関わる一次データの入手が困難であることに起因すると考える。Sandin and Peters (2018) [4]の繊維製品のリユースとリサイクルの環境影響に関するレビュー論文でも、LCA といった環境影響評価を実施した報告は41報（うち21報が査読付き論文）であり、そのうち一次データを使った例は9報のみであった。

同レビュー論文の分析では、LCA 報告の27%はリユースとリサイクルの両方を評価対象とし、リサイクルを取り扱う論文（85%）は、リユースを取り扱う論文（41%）よりも多かった。ここでの「リサイクル」は広義のリサイクルであり、衣服の生地を再利用するリメイクも含む。これまでのLCA 報告が対象としたリサイクルの内訳を図1に示す。図1が示すように、リサイクルの種類で一番取り扱われていたのは繊維リサイクルである。ここで言う「繊維リサイクル」は再生反毛や綿の再紡績も含まれ、現状で事業化が進んでいることによると考えられる。また、対象材料の内訳では、綿が全体の76%を占め、ポリエステル（PET ボトルの繊維化も含む）は63%、ビスコースが25%、

ウールは 20%であった（注：1 つの論文で複数の繊維を扱っている事例も多数あるため、各割合を合計すると 100%を超える）。この比率は世界の繊維市場における材料の割合を反映しているとされる。

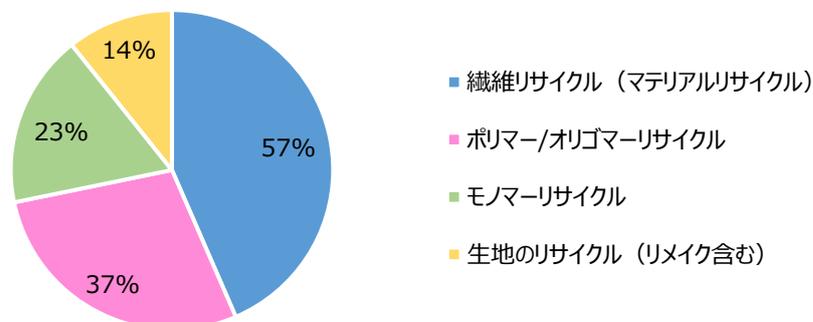


図1 繊維製品のリサイクルを取り扱った LCA 報告 32 報の内訳（Sandin and Peters, 2018）

次に、現在報告されているリサイクル・リユースに関連する一次インベントリデータを表 5 に示す。表 5 から、選別からリサイクルにまたがる多くのプロセスで何らかの一次インベントリデータが収集されていることがわかる。地理的な特徴では、アメリカの Patagonia（2006）[5] とブラジルを対象とした Pegoretti et al.（2014）[6] を除いて、全ての文献はヨーロッパを対象としていた。また、Patagonia（2006）[5] のデータは日本における PET リサイクルプロセスを用いており、対象地域が必ずしもリサイクルプロセスが実施される場所とは限らない。

表 5 リサイクル・リユースに関連する一次インベントリデータ
（文献[4] Sandin and Peters（2018）を元に作成）

分類	一次インベントリデータの概要	対象地域	文献
選別プロセス	手動および自動（近赤外線、NIR）選別のエネルギーデータ	フィンランド	[7]
	廃棄物管理施設と 2 つの選別施設のエネルギーデータ	スウェーデン（北ストックホルム）	[8]
	ヨーロッパの選別施設における繊維製品のマテリアルフロー、エネルギー、水、梱包材のインベントリデータ	デンマーク	[9]
リサイクルプロセス	リサイクル PET からのテレフタル酸ジメチル（DMT）製造に関するエネルギーおよび CO2 排出データ	アメリカ（リサイクルプロセスは日本）	[5]
	ペットボトルから繊維へのリサイクルに関する一般的なインベントリデータ	イタリア	[10]
	ベッドとポケット スプリング マットレスの製（一部材料はリサイクル綿と再生羊毛）に関するエネルギーデータ	ヨーロッパ連合	[11]

	自動車用音響パネルの製（一部材料は繊維リサイクル綿）に関するエネルギー データ	ブラジル	[6]
	再生羊毛の生産に関する一般的なインベントリデータ	イタリア	[12]
	綿のケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルのインベントリデータ	スウェーデン	[13]
その他	綿くずの裁断・細断（新糸を紡ぎ直す前の段階）のエネルギーと歩留りデータ	スペイン	[14]

さらに、Sandin and Peters（2018）[4]によると、これまでのLCA結果ではリユースとリサイクルは焼却や埋立と比べて環境負荷を削減し、特にリユースはリサイクルよりも環境負荷低減効果が高いと結論づけたとされる。しかし、これらの報告では計算の仮定に大きく2つの疑問点が残る。

1点目に、廃棄された繊維製品の環境負荷を実質0と設定することである。リサイクルのLCAでは、廃棄物は価値のないものとみなし、それをリサイクル資源として投入する場合でも廃棄物のライフサイクルにおける環境負荷は0として計算されるのが一般的である。しかし、この仮定を基に繊維製品のリユースを計算すると、古着の製造段階における環境負荷は0となり、新品の衣服と評価したときに過小評価になりうる。その問題意識から、いくつかの論文では廃棄物の負荷を新品の半分として推算している。近年、リサイクル資源の負荷をバージン材の半分と捉える考え方はフランス政府やヨーロッパ連合のOperational Environmental Footprint Guidelines（EC 2013）[15]にも採用されていることから、今後廃棄された繊維製品の環境負荷推算方法は変わっていくと考えられる。廃棄された製品がどれだけの価値を持つと捉えるのか。実際に何を作るのか、何が作れるのかにもよるが、現状では議論が必要である。

2点目の問題点は、リユースとリサイクルによる新品製造回避の代替率である。これまでのLCAにおけるリユースとリサイクルによる環境負荷削減効果は、新しい製品製造の回避が大きく貢献しているとされた。そのため、リユース製品、またはリサイクル製品が新しい製品をどれだけ代替するのかを示す、代替率（replacement rate）に結果が依存するのである。これまでの報告では、ほとんどの場合リユース・リサイクル製品は新品と同程度の機能を果たすとして、代替率は100%として計算されている。リユース品の代替率を100%と捉えると、消費者がリユース品を新品と同様に使い、生涯着用回数が変わらないと仮定する。リユース品の状態にもよるが、消費者が新品のように使うとは考えにくい。Schmidt et al.（2016）[16]の報告によると、リユースでは代替率が10%でも環境負荷削減につながるとの結論を出しているが、消費者行動分析によるリユース品の価値分析が必要である。一方のリサイクル品の代替率は、リサイクル品の機能性やリサイクル品が含むリサイクル材の投入量などが反映できると考える。例えば、綿のリサイクル繊維はバージン繊維よりも短いことから、その繊維の長さの割合を代替率に使うといったアイデアもある[4]。具体的な代替率を得られないために100%と仮定するケースが多いらしいが、複数の代替率を適用し、感度分析を行う必要

もあると考える。

その他にも、繊維リサイクルが進むと繊維の供給量が増え、価格の下落を導き、需要がさらに上昇するといったリバウンド効果も考えられる。典型的な LCA の課題は繊維リサイクルにおいても存在する。特に繊維 to 繊維に関しては大規模な社会実装に至っておらず、これから拡大していく段階にあるため推計が難しいと考える。

6 PET ボトルの LCA 事例と繊維製品リサイクル評価への課題

PET については、ボトルの LCA が多く実施されている。また、再生 PET 繊維のほとんどは、ボトル由来と考えられる。このため、PET ボトルの LCA の実施事例を概観し、PET 繊維リサイクルの LCA 評価の参考とすると共に、ボトル由来の再生繊維利用に関わる課題を検討する。

PET ボトルに関わる LCA としては、①PET ボトル自体の LCA、あるいは他の素材容器との比較、②PET ボトルのリサイクル・リユース技術に関わる LCA に分類される

① 異素材容器との比較

The National Association for PET Container Resources (NAPCOR): “LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PREDOMINANT U.S. BEVERAGE CONTAINER SYSTEMS FOR CARBONATED SOFT DRINKS AND DOMESTIC STILL WATER”, February 4, 2023 [17]

PET と他の素材のボトルの比較 LCA では、日本の PET ボトルリサイクル推進協議会にあたる米国 NAPCOR の分析が、ごく最近、詳細に実施され、報告されている。下図が代表的な GWP 指標による結果であるが、PET、アルミ、ガラスの比較を行っている。アルミは、ボトル生産の負荷と使用後の処理が大きく、ガラスは資源消費と使用後の処理が大きく、PET の優位性を示している。

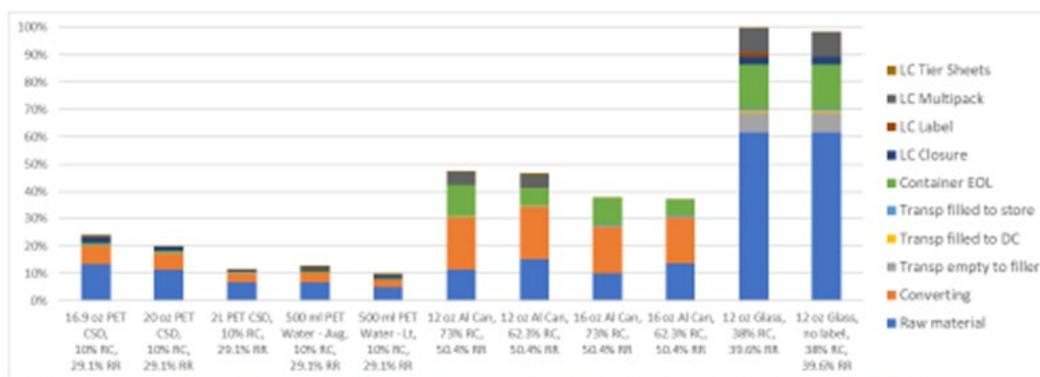


Figure 6. Global Warming Potential (kg CO₂ eq) for Beverage Container Systems, 1,000 Gallon Basis, System Expansion

文献[17]より引用

図2 各容器における環境負荷比較

この報告は、LCA の実施としては、手法やデータ源などが明確に記述され、GHG 排出以外の環境影響領域の評価も行われており、LCA 結果の開示の仕方として参考になる。衣服においても、GHG 排出以外の項目を評価すると共に、異なる素材の比較評価において十分な検討が求められる。

② PET ボトルリサイクルの LCA

(1) 福島康裕、平尾雅彦：「ライフサイクルモデルによる PET ボトルリサイクルシステムの評価」電気学会論文誌 C, 118 (9) (1998) 1250-1256 [18]

世界的にも早期に実施された PET ボトルリサイクルの LCA 評価であり、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの効果について、リサイクル率をパラメーターとして算定している。ケミカルリサイクルの情報が無かったので、超臨界水分解によるテレフタル酸回収の論文情報からプロセスデータを推定している。いずれの手法でも GHG 排出削減効果があることを示している。

繊維においては、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルでは、再生材の利用用途が大きく異なるので、比較評価ではボトルとは異なる考え方を検討しなければならない。

(2) Li Shen, et al., “Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling”, Resources, Conservation and Recycling, 55 (2010) 34-52 [19]

PET ボトルから繊維へのリサイクルを評価している。メカニカルリサイクルによる短繊維製造 (Wellman International、アイルランド)、メカニカルリサイクルによる短・長繊維製造 (Long John Group、台湾)、BHET 法ケミカルリサイクル (Far Eastern New Century Co. 台湾) を対象にしている。DMT 法ケミカルリサイクルに言及しているが評価対象にはなっていない。代表的な比較結果を評価システムと共に示す。機能単位である、1000kg の PET 繊維製造を表現するために、リサイクルによる損失と損失分の焼却、損失分のバージン材製造を考慮している点は、信頼できる。

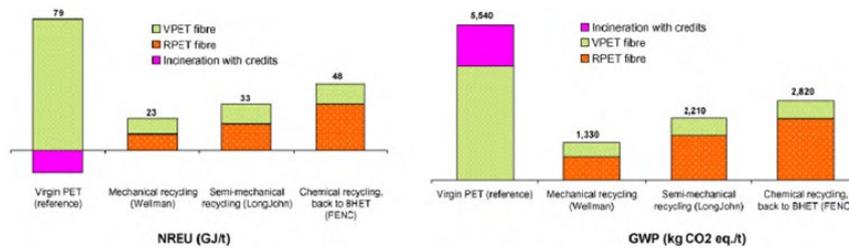


Fig. 14. Breakdown of NREU and GWP100a for 1 t of PET fibre for the three product systems, cradle-to-grave without use phase (the life cycles are shown in Fig. 13: B2F= bottle-to-fibre).

文献[19]より引用

図3 ボトル to 繊維における環境負荷

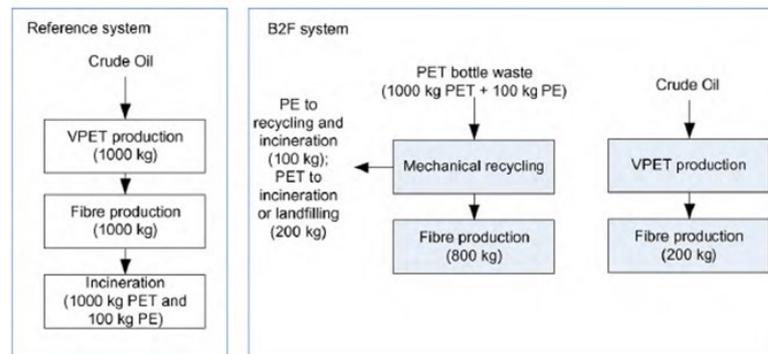


Fig. 13. "System expansion" method applied for the open-loop recycling, pruned from Fig. 12, functional unit 1 t of PET fibre, cradle-to-grave without the use phase (the mass balances shown in the graph are indicative).

文献[19]より引用

図4 1,000kgのPET 繊維製造における環境負荷の考え方

結果は、特に目新しいわけではないが、シンプルなりサイクルの方が環境負荷削減効果は大きくなる。一方で、ケミカルリサイクルの方が広範な再生製品になること、繊維へのリサイクルはその先のリサイクルがないことを指摘しているが、それ以上の分析はない。ボトル to ボトルリサイクルを行って、最後に繊維にするのが良いのではないかと言及している。この指摘は、現在のPET ボトル由来の再生PET 繊維の利用で環境主張をしているアパレル業界に一石を投じるものである。

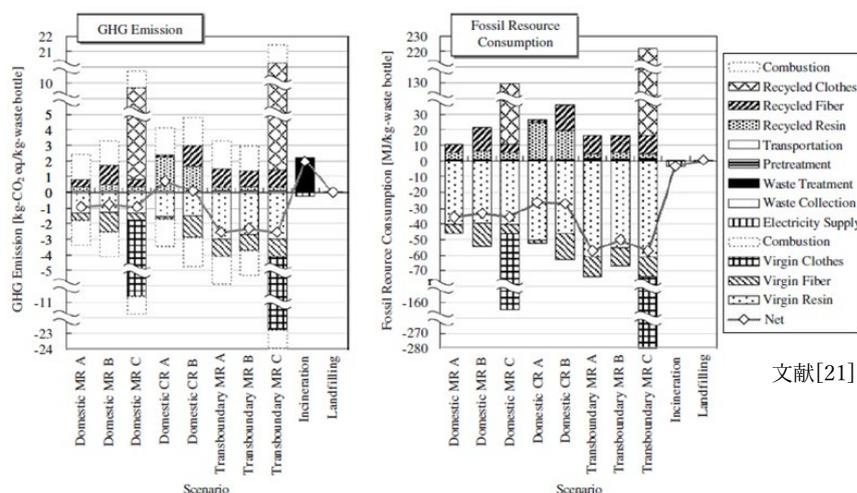
(3) 環境省容器包装リユース・リサイクルに伴う環境負荷など調査検討委員会：「PET ボトルなどのリユースによる環境負荷分析結果について」（2008）
<https://www.env.go.jp/council/36pet-junkan/y360-07/mat01-3.pdf> [20]

リターナブルボトルによるリユースの環境負荷削減効果を分析している。店頭販売・回収では、85%以上の高い回収率が実現できないと、現行のリサイクルシステムの方が環境負荷が小さいと分析されている。宅配方式でも高い回収率と100km以下の輸送距離が求められ、リターナブルボトルで環境負荷を下げることの困難さを示している。プラスチックのLCAでは、輸送は大きな影響を与えないことが多いが、リユースでは輸送の影響があることに留意したい。

(4) Jun Nakatani, et al. “Life-cycle assessment of domestic and transboundary recycling of post-consumer PET bottles”, International Journal of LCA, 15 (2010) 590–597 [21]

日本で回収された使用済み PET ボトルは、以前は半量が中国に送られてリサイクルされていた。2017 年末に中国が廃プラスチックの輸入を禁止すると、中国向け使用済みボトルの輸出は急速に減少した。国内でも消費者や自治体が分別し回収したボトルを輸出することへの疑念があったが、本研究は、国内と中国でのリサイクルについてシナリオ分析したものである。下図に示されるように、中国に輸出してリサイクルする方が、環境負荷削減効果が大きいいことを示した。バージン材の環境負荷が大きいところでリサイクルする方が、そのバージン材の代替効果で、環境負荷は削減するからである。このことは、「Yanan Ren, et al., “Life-cycle environmental implications of China’s ban on post-consumer plastics import”, Resources, Conservation and Recycling, 156 (2020) 104699」 [22]でも同様に指摘されている。バーゼル条約とそれに基づいた各国政策が国際的な資源循環の障害となることは、金属リサイクルでも指摘されており、国際的な議論が必要であることを示している。

衣服においては、廃棄物か価値のある製品なのかという点で国際流通にグレーな部分があるが、環境負荷をとという点でも検討が必要であろう。



文献[21]より引用

Fig. 2 GHG emissions and fossil resource consumptions of the evaluated scenarios

図5 国内/中国におけるリサイクル工程の環境負荷比較

(5) 中谷隼 他、「マテリアルリサイクルの市場代替性に基づくライフサイクル評価—ペットボトルリサイクルのケーススタディー」日本 LCA 学会誌, 7 (1), 96-107 (2011) [23]

(4) の研究は、再生材が完全にバージン材を代替するという前提で分析されており、多くの LCA 実施例でそのように分析されている。本研究では、再生材とバ

ージン材の需要と供給の価格弾力性から代替性を考慮した分析方法とその PET ボトルリサイクルでのケースを示している。すなわち、再生材が何に代替されるかの検討の必要性を示しており、再生材が既存製品の代替になっていない場合に環境負荷の増大もあり得ることを示した。

(6) María del Mar Castro Lopez, et al. “Assessing changes on poly (ethylene terephthalate) properties after recycling: Mechanical recycling in laboratory versus postconsumer recycled material”, *Materials Chemistry and Physics* 147 (2014) 884-894 [24]

本研究は LCA ではないが、PET のメカニカルリサイクルによる物性変化を物理化学測定している。リサイクルプロセスは、エステル結合の切断し、環状オリゴマーを増加させ、流動特性、機械的特性、熱的特性が劣化することを示している。環状オリゴマー量の変化は、日本の環境省によるリサイクル PET の検証でも指摘されていた。本論文の対象外であるが、メカニカルによるボトル to ボトルリサイクルでは、加熱による再結晶化によって物性を改善しているが、オリゴマーに変化があることは、処理回数に限界がある可能性を示している。

7 不要になった衣服の店頭回収にあたる消費者行動に関する考察

日本において不要になった衣服の店頭回収は年々拡大しており、本ワークショップでも回収量の増加が報告された。店頭回収は、繊維リサイクル促進に向けて特に有効活用できる方法だと考える。第 2 章において、恒久的な店頭回収の利点として異物の混入を監視しやすいことや、消費者が排出時に質問しやすいことが挙げられた。また、店頭回収にて消費者が衣服を素材別に分別提供することができれば、リサイクル促進に繋がる。衣服が売られている店先で回収を行うことは、環境啓発活動にもなり、繊維産業のサステナブル化にも繋がると考える。

しかし、店頭回収への消費者参加率は低い。環境省が 2020 年に実施した調査でも、手放した服の処理方法で一番多かったのは「可燃ごみ・不燃ごみとして廃棄 (49%)」であり、店頭回収は 2%に止まった。同調査において、その処理方法を選択した理由は「処理に手間や労力がかからないから」と「処理に必要な費用やコストがかからないから」といった理由が大半を占めた。しかし、消費者は服の状態（まだ着れるかどうか）や特徴、周辺の環境、ライフスタイル、そして慣習や知識から排出先を決めるはずである。服の特徴に関しては、ブランド服やドレスは、不要になった際には古着店で販売したり、寄付や他人に譲る傾向があるという報告もある[25]。店頭回収されやすい服はどのような特徴を持つのか、店頭回収イベントでの服の状態や、回収イベントの参加者アンケート、そして一般消費者インタビューから考察した。

2022 年度に実施した「チクマノループ」活動の一環で回収した衣服の調査では、回

収された衣服の大半が女性物であり、一部子供服が集まった。回収された女性服はきれいな状態の服が多く、機能的にまだ着ることのできる服が約半数であった。実際にリユース品として活用できるのかは判断できなかったが、回転が早く流行に左右されやすい女性服の特徴を表していると考ええる。一方の子供服は、汚れなどで着用が難しい服がほとんどであった。また、イベント参加者一人あたりが持参した服の量として、多くの人が1つの袋に5~6枚程度だったことから、イベント回収の限界も伺える。参加者に多くの服を持ってきてもらうためには、回収する服の種類を広く周知することに加えて、回収場所（車で運べるよう駐車場に近い、など）や回収方法の工夫が必要であると考ええる。

ある回収イベントの参加者アンケート（N=87）では、主に回収イベント参加への理由や、素材別選別の負担度合いから、回収量を増やすための施策を分析した。まず、環境省の調査結果同様、回収場所へ出向く負担が参加への障壁と考えている人が一定数おり、日本で衣服の店頭回収が進んでいない理由として「近くにない・持っていくのが面倒」と答えた人が48%いた。そのため、衣服の店頭回収が拡大すれば、回収に参加する人も増えると考えられる。また、分別に関しては、綿100%とポリエステル100%を分別できると答えた人が7割を超えており、実際に回収された服もほぼ全て正しく選別されていた。そのため、消費者に選別する能力はあると考えられる。

一般消費者を対象としたインタビューでは、不要衣服の排出手段と、その理由を伺った。手放す手段の内訳では、「可燃ごみ・ポロ切れにして捨てる」が4割、店頭回収が1割であり、環境省の全国調査と類似する結果となった。それぞれの手段を選ぶ理由を分類した表6による、排出手段ごとに服の状態や特徴、消費者が意識することが異なることが分かる。可燃ゴミに捨てる服は長く着古し、思い入れの少ない服である一方で、まだ着られる服には多様な選択肢があることが示された。「店頭回収」に参加する人（n=3）の理由は、いずれも「リサイクルしたいから」であり、服の状態や特徴に関する理由はなかった。

表 6 一般消費者インタビューにおける不要衣服の排出手段を選ぶ理由 (N=22)

回収ルート (n)	選ぶ理由			
	服の状態	服の特徴	回収ルートの特徴 に関連	消費者の気持ち
可燃ごみ・ポロキレ にして捨てる (18)	<ul style="list-style-type: none"> もう着られる状態ではない (毛玉、色あせ、汚れ) 長く着たから 	<ul style="list-style-type: none"> 思い入れのない昔の服 入らないかつ昔のデザインで流行らなさそう 	<ul style="list-style-type: none"> 少しずつ捨てるから 一気に捨てるから 	
NPO へ寄付・親族などに譲る (7)	<ul style="list-style-type: none"> 買って間もないもの 状態が良く汚れがないもの 	<ul style="list-style-type: none"> 羽織る服 (コートなど) 	<ul style="list-style-type: none"> 周りに欲しい人がいる 	<ul style="list-style-type: none"> 似合わなくなったもの 入らないだけ 顔が見える子に譲りたい
古着屋などに販売 (7)	<ul style="list-style-type: none"> 買って何ヶ月かのももの 捨てるべきか迷うもの 	<ul style="list-style-type: none"> 高価な服 	<ul style="list-style-type: none"> 枚数が多い 近くにあるから 	<ul style="list-style-type: none"> 服をリサイクルしたい
フリマアプリ (7)	<ul style="list-style-type: none"> 状態がいいもの あまり着ていないもの 売れそうなもの 	<ul style="list-style-type: none"> ブランドもの 高かったもの 		
店頭回収・古布回収 (6)				<ul style="list-style-type: none"> 服をリサイクルしたいから
フリーマーケット (1)				<ul style="list-style-type: none"> 服をリサイクルしたいから

以上の結果から、店頭回収で集まる服は、機能的に着用できる服であり、参加者は不要になった衣服を資源として捉え、リサイクル意欲のある人が多い傾向があると考えられる。繊維リサイクルに適する服は必ずしも機能的に着用できる服である必要がないため、どんな服が店頭回収の対象となるのかを周知することで、回収量が増えることが期待できる。

8 まとめ

衣服回収の実態と LCA 事例について、これまでの調査結果を以下にまとめることができる。

- 各回収方式では回収可能な衣服の質・量に違いがあり、回収主体や回収を実施する目的などによって適切な方式を選択する必要がある
- 今回の実証条件において一般消費者から衣服を回収した際には綿 100%の衣服が 20%程度、PET100%の衣服が 10%程度の割合で含まれていた
- 一般的には環境負荷削減への寄与効果はリユース>マテリアルリサイクル>ケミカルリサイクルであるとの認識が強いが、対象となる原料や想定する製品によって結果が異なるため慎重な検討が必要である

調査結果を踏まえて、循環型ファッションの実現には以下の 4 点が重要課題として挙がる。

- 衣服回収には、回収～分別～リユース・リサイクルまでの最適化された一連のエコシステムの醸成が最重要課題である
- リサイクルを実施するには製品は単一素材であることが好ましいが、リユースも含めた各種技術を考慮したうえで回収要領を決定する必要がある
- 消費者、業界の各界各層がその重要性を理解し、行動変容に繋げる「ナッジ・ブースト」だけに頼らない具体策が必要である。
- 衣服の循環システムを国内で実装していくにはエコシステム醸成に向けた行政の全面的な支援が期待される。

9 参考文献

- [1] 日揮ホールディングス株式会社、帝人株式会社、国立法人東京大学：繊維リサイクルワークショップ報告書 繊維・衣服の生産から流通・消費・リサイクルまでのライフサイクルを通じた循環型ファッションの実現に向けて（2022）
https://exhibition.jgc.com/textile_wg_report_form
- [2] 環境省：中古衣服を対象とした海外でのリユース実態調査（2014）
<https://www.env.go.jp/recycle/circul/reuse/confs/rep26-3.pdf>
- [3] 環境省：令和 2 年度 ファッションと環境に関する調査業務 - 「ファッションと環境」調査結果-（2021） <https://www.env.go.jp/content/000044547.pdf>
- [4] Sandin and Peters”Environmental impact of textile reuse and recycling- A review”, Journal of Cleaner Production vol.184 ,353-365（2018）
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618305985>
- [5] Patagonia, “Patagonia's Common Threads Garment Recycling Program: a

Detailed Analysis”. (2006)

https://www.patagonia.com/on/demandware.static/Sites-patagonia-us-Site/Library-Sites-PatagoniaShared/en_US/PDF-US/

- [6] Pegoretti et al, “Use of recycled natural fibres in industrial products: A comparative LCA case study on acoustic components in the Brazilian automotive sector”, *Resources Conservation and Recycling* Vol.84 ,1-14 (2014)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344913002760>
- [7] Dahbo et al. “Increasing textile circulation—Consequences and requirements”, *Sustainable Production and Consumption* Vol.9 ,44-57 (2017)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550916300100>
- [8] Bodin, “To Reuse or to Incinerate?: A case study of the environmental impacts of two alternative waste management strategies for household textile waste in nine municipalities in northern” Stockholm, Sweden (2016) <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A972626&dswid=-3747>
- [9] Nørup et al., ”Evaluation of a European textile sorting centre: Material flow analysis and life cycle inventory”, *Resources Conservation and Recycling* Vol.143, 310-319 (2019)
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919300102?casa_token=YQhTnyROefYAAAAA:e7CajIWEZlh3AE7nR4v0v1l8A9sK1dflt_JunxRsrPhOMu5xqU2Vj9v_YsHS2FGpOK1qcjW3v8U
- [10] Intini and Kühtz, “Recycling in buildings: an LCA case study of a thermal insulation panel made of polyester fiber, recycled from post-consumer PET bottles” *The International Journal of Life Cycle Assessment* Vol.16, 306-315 (2011) <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-011-0267-9>
- [11] Glwe et al., “How do end of life scenarios influence the environmental impact of product supply chains? comparing biomaterial and petrochemical products”, *Journal of Cleaner Production* Vol29-30, 122-131 (2012)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652612000790>
- [12] Bamonti et al., “Environmental footprint in the production of recycled wool.”, *Environ. Eng. Manag. J.* 15 (9) , 1923-1931. (2016)
http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/pdfs/vol15/no9/3_54_Bamonti_16.pdf
- [13] Spathas, “The Environmental Performance of High Value Recycling for the Fashion Industry e LCA for Four Case Studies.”, Master’s thesis. Chalmers University of Technology, Sweden. (2017)
<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/250175/250175.pdf>
- [14] Esteve-Turrillas and de la Guardia, “Environmental impact of Recover cotton in

- textile industry”, *Resources, Conservation and Recycling* Vol.116, 107-115 (2017)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344916302828>
- [15] Schmidt et al., “Gaining benefits from discarded textiles e LCA of different treatment pathways.”, *emaNord* 2016, 537. (2016)
<https://doi.org/10.6027/TN2016-537>
- [16] Lauren M. Degenstein et al., “Impact of physical condition on disposal and end-of-life extension of clothing”, *International Journal of Consumer Studies* 2020
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijcs.12590>
- [17] The National Association for PET Container Resources (NAPCOR) : “LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PREDOMINANT U.S. BEVERAGE CONTAINER SYSTEMS FOR CARBONATED SOFT DRINKS AND DOMESTIC STILL WATER”, February 4, 2023
<https://www.petnology.com/online/news-detail/napcor-life-cycle-assessment-shows-that-pet-bottles-are-the-best-option-for-the-planet>
- [18] 福島康裕、平尾雅彦：「ライフサイクルモデルによる PET ボトルリサイクルシステムの評価」電気学会論文誌 C, 118 (9) (1998) 1250-1256
- [19] Li Shen, et al., “Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.55, 34–52 (2010)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344910001618>
- [20] 環境省容器包装リユース・リサイクルに伴う環境負荷など調査検討委員会：「PET ボトルなどのリユースによる環境負荷分析結果について」（2008）
<https://www.env.go.jp/council/36pet-junkan/y360-07/mat01-3.pdf>
- [21] Jun Nakatani, et al. “Life-cycle assessment of domestic and transboundary recycling of post-consumer PET bottles”, *International Journal of LCA*, 15 590–597, (2010) <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-010-0189-y>
- [22] Yanan Ren, et al., “Life-cycle environmental implications of China’s ban on post-consumer plastics import”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol.156, 104699, (2020)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920300215>
- [23] 中谷隼 他、「マテリアルリサイクルの市場代替性に基づくライフサイクル評価ーペットボトルリサイクルのケーススタディー」日本 LCA 学会誌, 7 (1), 96-107 (2011)
- [24] María del Mar Castro Lopez, et al. “Assessing changes on poly (ethylene terephthalate) properties after recycling: Mechanical recycling in laboratory versus postconsumer recycled material”, *Materials Chemistry and Physics* Vol.147,

884-894 (2014)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S025405841400385X>

- [25] Schmidt et al., “Gaining benefits from discarded textiles e LCA of different treatment pathways.”, TemaNord 2016, 537. <https://doi.org/10.6027/TN2016-537>

衣服回収の実態と LCA 事例調査

The current status of used clothing collection and LCA case studies

報告書執筆者

日揮ホールディングス株式会社

水口 能宏、古川 雅敏、佐久本 太一

帝人株式会社

宮坂 信義、新本 夏樹

国立大学法人東京大学

平尾 雅彦、天沢 逸里

協力研究者・企業・団体

共立女子短期大学 生活科学科 教授 山口庸子氏

イオン株式会社

株式会社エアーフローゼット

株式会社チクマ

西日本ペットボトルリサイクル株式会社

グリーン購入ネットワーク

発行 2023 年 9 月 5 日

日揮ホールディングス株式会社 サステナビリティ協創ユニット

〒220-6001 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2-3-1

045-682-8095

帝人株式会社 環境ソリューション部門

〒100-8585 東京都千代田区霞が関 3-2-1 霞が関コモンゲート西館

03-3506-4894

国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科化学システム工学専攻

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

本報告書の無断転載を禁止します

©2023 JGC Holdings corporation, Teijin limited, The University of Tokyo