

# マテリアルリサイクル促進のための資源情報プラットフォームの構築

Development of a resource information platform to promote material recycling

湯浅亮平<sup>1</sup>, 守矢拓海<sup>1</sup>, 田中浩也<sup>1</sup>

Ryohei YUASA<sup>1</sup>, Takumi MORIYA<sup>1</sup>, Hiroya TANAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学

<sup>1</sup>Keio University

## 【要約】

昨今、地球環境保全と資源枯渇問題への対応から循環型社会への移行が求められている。プラスチックのリサイクルについては、コスト・エネルギー・品質面でそれぞれ課題があり、再生プラスチックの活用範囲は未だに限定的である。特にマテリアルリサイクルは、回収資源の品質・選別度合いが材料品質に直結するため、現状の一括回収では再生プラスチックの品質に制限があり二次活用先が比較的樹脂特性を重視しないものに限られることが課題である。そこでわれわれは、マテリアルリサイクルの課題である選別回収と回収後の材料の適切な用途への活用促進のため、製品と材料情報を紐づけるとともに、再生プラスチックトレーサビリティを確保するための「リープサイクル・プラットフォーム」を提案する。具体的には、神奈川県鎌倉市を実験フィールドに試験運用が始まっている市民参画型の高選別製品回収事例と回収材料から 3D プリントによって製作された二次製品の製作事例におけるリープ材の活用と、運用プラットフォームに関して説明する。

キーワード: マテリアルリサイクル, 資源回収, デジタル製品パスポート, 市民参画

## 【Abstract】

Recently, a transition to a circular economy has been demanded in response to global environmental conservation and resource depletion problems. Regarding the recycling of plastics, there are problems in terms of cost, energy, and quality, and the utilization of recycled plastics is still limited. In mechanical recycling, the quality and sorting level of the collected resources are directly linked to the quality of the recycled plastic. We propose a Leap-Cycle platform to ensure the traceability of recycled materials. Specifically, the use of Leap material in the case of highly selective product recovery with citizen participation and the production of secondary products manufactured by 3D printing from recovered materials, which has begun trial operation in Kamakura City, Kanagawa Prefecture, as an experimental field.

Keywords: material recycling, resource recovery, digital product passport, citizen participation

## 緒言

プラスチックのリサイクル方法の1種であるマテリアルリサイクル法がさらに普及するためには、現在の選別工程でのコスト増と再生プラスチックの品質低下という2つの課題を解決する必要がある。この課題を解決するために、我々は情報技術を用いた材料情報の製品への紐付けと、特定資源の高分別回収を促進する市民参画の社会システムの2つの方法によって実現することを目指している。本稿ではこの基盤として「リープサイクル・プラットフォーム」を提案する。また社会実験事例として、神奈川県鎌倉市における市民参画型資源回収実験について報告する。

## 1.背景

プラスチックのマテリアルリサイクルは、サーマルリサイクル、ケミカルリサイクルと比較して材料再生プロセス自体の環境負荷は少なく、有効に活用できれば二酸化炭素排出量削減と資源循環促進、両方に貢献できる方法であるが、現状はコスト、再生プラスチックの品質で課題があり、十分に活用されていない。<sup>(1)</sup>

サーマルリサイクルはプラスチック焼却時の熱からエネルギーを取り出す方法であり、単純焼却と比較してプ

ラスチック焼却時に発生する二酸化炭素の総量は変わらないものの、新たに投入される電気エネルギー創出のための二酸化炭素排出を代替する。焼却された分、新しくプラスチックを生産する必要が生まれるため、社会に投入される石油由来物質の量を減らすことはできず、資源循環には貢献していない。

ケミカルリサイクルはプラスチックを科学的に分解してモノマーなどを生成し、再びプラスチックなどに加工する方法<sup>(2)</sup>と、製鉄時に必要となる還元剤やコークスの素材としてプラスチックを投入する高炉原料技術<sup>(3)</sup>などに細分化される。モノマーまで還元した後は、通常のプラスチック製造のラインで用いられる成分と同様に扱うことができるため、バージン材料同等の品質のプラスチックを得ることができる。しかし、還元時と再生時に多くのエネルギーを消費し、バージン材料製造以上の二酸化炭素を排出してしまうことが課題である。高炉原料技術は、製鉄時に本来投入されるはずだった石炭等を代替し、二酸化炭素の排出を低減させることができるが、サーマルリサイクル同様、新しくプラスチックを作る必要が生まれるため、資源循環には貢献していない。

マテリアルリサイクルは、製品を粉砕し再ペレット化

する工程でエネルギーを必要とするものの、ケミカルリサイクルに比較して少ないエネルギーで再生資源を得ることができ、二酸化炭素排出量削減効果と資源循環促進の両方に貢献できる方法と考えられる。しかし、実際には回収資源の輸送、再使用可能な資源の選別・洗浄に多くのコストとエネルギーがかかっている上、再生した資源の品質は回収され再資源化工程に投入された材料の品質・物性に直接的に影響を受けるため、バージン材料同等の品質の再生資源を得ることが難しいという課題がある。例えば多くの製品に使用されている代表的な樹脂「ポリプロピレン」を例にとると、材料種ごとの分別は、分別マークを確認することで可能である。しかし、多くの自治体では PP のみを回収するシステムが存在せず、マークの活用は回収後の選別工程での活用にとどまる。一度多くの樹脂が混在した後に、材料種別ごとに選別を行う工程でも多くのコストが発生している。品質面においても課題がある。一口に PP と言っても、推奨される成形方法によって求められる溶融時の粘度(MFR)や弾性率などの物性が異なり、対象とする用途に合わせてバリエーションを持たせるために無数のグレードが存在する<sup>(4)</sup>。成形性だけ見ても MFR の低い押出用グレードの PP では射出成形で精密な部品を作るとは難しく、MFR の高い射出グレードの PP では押出フィルムなどを作るとは難しい。本来、バージン樹脂であれば選ぶことができるこれらの細かい特性を、PP というまとめ方で一括りにした再生プラスチックでは求めることができない。そのため、比較的精密な成形や、使用用途にあった材料品質が求められる高付加価値の製品へ再生プラスチックを適用することが難しく、活用可能な成形品が限定されるという課題がある。

マテリアルリサイクルにおいて、一括回収後の選別にかかっているコストの低減と、一段階細かい分別による再生プラスチック品質の向上を実現できれば、脱炭素効果・資源循環効果・コスト面から、優れたリサイクルシステムを提供できる。

## 2. 関連研究

製品に情報を付与してトレーサビリティを確保するための試みは、デジタル製品パスポートと総称され、さまざまなものが存在する。Product passport<sup>(5)</sup>は、製品に紐づけられた材料情報から、製造時・廃棄時の環境負荷を可視化し、購入担当者と廃棄業者が活用できる。Sourcemap<sup>(6)</sup>は、製品のサプライチェーンを可視化し、製造時の労働環境に問題のないことや、輸送の最適化などが行われているかなどを購入担当者が検討するために参照することができる。R-Cycle<sup>(7)</sup>は、マテリアルリサイクル可能な製品が可視化されていないために回収工程で焼却や埋め立てに流れてしまっていることを課題とし、製品本体につけられた QR コードなどのデジタル情報と、専用の読み取り設備を有した廃棄施設での高度分別を可能としている。これらは主に製品のカーボンフットプリントと環境対応性能を明示することによる購

買者への訴求力向上と、現状の回収・選別システムを前提とした上での製品回収後のリサイクル業者での情報活用に特化している点が共通している。副次的には次世代製品設計への反映に活用し、材料選択や分解性改善設計などによる再利用率向上に寄与するなど、より環境負荷の小さい製品に改良するために活用される。

## 3. 市民参画型のプラスチック資源循環システム

### 3.1 提案するシステムの目的

本研究では「市民参画型のマテリアルリサイクル促進」に向けた情報提供を可能とするデジタル情報の付与と活用を目的とする。回収工程の選別コストの低減や、次世代製品の開発時にリサイクル性の高い材料選択や分解性の改善など、より環境負荷の低い設計への改良のために使用されることは関連研究と共通している。本研究では情報の主な開示先は市民であり、市民に高分別回収に参加してもらえるように、行動変容の誘発を目指している点が関連研究と異なっている。Product passport と同様に製品の環境対応性能と使用されている材料情報付与、source map のようなサプライチェーン可視化を同時に行うとともに、廃棄前の洗浄方法や、より環境負荷の低い廃棄場所に関する情報を与えることで、市民は自身が出した資源がどのように再生資源化され製品に使用されているのかを確認することができる。行動の結果を提示することで継続的な参画を促し、市民参画型の循環社会構築の促進につながる可能性がある。

### 3.2 リープサイクル構想

再生プラスチックで製造された製品にも材料情報を引き継ぐことで、マテリアルリサイクルを一度で終わらせず、さらにマテリアルリサイクルを繰り返して、製品としての形を変えながら材料が社会の中で活用され続けていく概念を「リープサイクル」として提案する。リープサイクルを実現していく上では、製品設計時のバージンプラスチック選定も、再生プラスチックが次世代製品に活用されることを前提として行われることが好ましい。

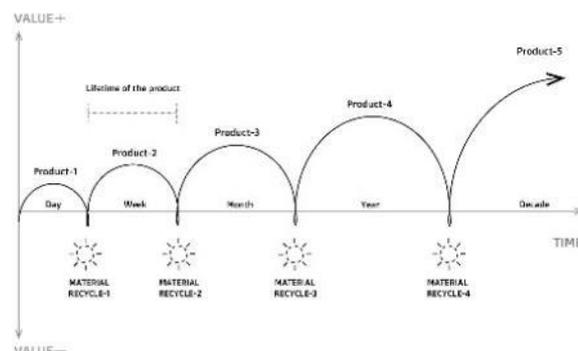


図1.リープサイクルのイメージ

### 3.3 リープサイクルマテリアルデータベース

バージンプラスチック・再生プラスチック・フィラー等の改質剤の情報、それらをブレンドして作られたプラスチック(リープ材), リープ材を使用して生み出された製品情報を格納するデータベースを作成した。リープ材にはそれぞれ固有の識別番号(マテリアルマイナンバー)が付与される。

名称	グレード名	割合	総重量
リサイクル素材ファニチャー 椅子(緑)			14
1 家電リサイクルPP	GC-P4ST11A	65	9.1
2 グラスウール	グラスウール	25	3.5
3 カラーMB	カラーMB	10	1.4
名称	グレード名	割合	総重量
リサイクル素材ファニチャー 椅子(黄色)			6
1 家電リサイクルPP	GC-P4ST11A	65	3.9
2 グラスウール	グラスウール	25	1.5
3 カラーMB	カラーMB	10	0.6
名称	グレード名	割合	総重量
バイオプラファニチャー 椅子(赤)			4.9
1 バイオPE	SHA7260	42	2.058
2 グラスウール	グラスウール	20	0.98
3 エラストマー	DF810	28	1.372
4 カラーMB	カラーMB	10	0.2058

図 2, リープサイクルマテリアルデータベース

### 3.4 しげんポスト

プラスチックの高選別回収の手段として、特定製品のための回収を行うための資源回収スポット「しげんポスト」を作成し、市中に設置した。しげんポストにて回収された資源は、材料品質の安定した再生プラスチックとしてリープサイクルマテリアルデータベースに登録され、水平リサイクルのための実験や、改質材とブレンドされた後リープ材として活用される。



図 3, しげんポスト

### 3.5 QRコードによる製品への情報紐付け

リープ材を活用して製作された製品には、マテリアルマイナンバーに紐づいた情報にアクセスできるQRコードが付与される。製品を構成する材料情報や、使用後の適切な回収方法が使用者に示される。また、同じマテリアルマイナンバーを持つ他の製品が表示され、製品を回収した後に再生プラスチックとしてどのように活用されるかを確認することができる。



図 4, 製品に紐づけられた情報のイメージ

### 3.6 リープサイクルマップ

資源回収、製品への加工場所、製品が活用されて

いる場所までのサプライチェーンを可視化するオンライン上のマップを作成した。市民は、自身が使用・回収に関わった資源がどのように活用されているかを確認することができる。

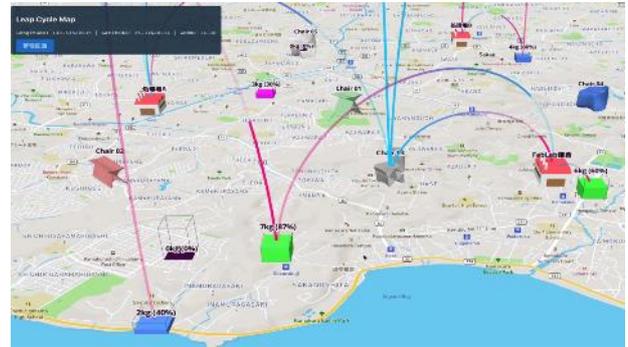


図 5, リープサイクルマップ

## 4. 神奈川県鎌倉市を舞台とした実証実験

2022年7月より、特定製品回収用の資源回収ボックス「しげんポスト」が神奈川県鎌倉市に実験導入され、市民からの資源回収・活用実験が行われている。しげんポストは現在、市内3箇所に設置されている。回収品目は液体石鹸や洗剤用の詰め替えパウチ1種類のみである。回収された資源は、市内に設置された小規模リサイクル・3D プリント実験施設(リサイクリエーション慶応鎌倉ラボ)で破碎・再ペレット化・ブレンドが行われ、3D プリントにて実験的に製品化がされている。導入以後、月毎に回収量は増えており、次第に市民に浸透していることがわかる。今後、順次回収スポット数、回収可能な品目数を増やし市民の参画ハードルを引き下げてくことで資源回収量の向上を目指して、リープ材活用の幅を広げていく。



図 6, しげんポストの市内設置風景

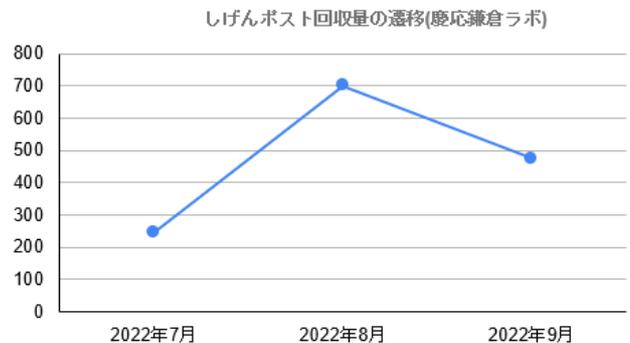


図 7, しげんポストによる回収量グラフ

## 5.結論と課題

市民参画型のプラスチック資源循環システムを実現するためのプラットフォームを制作し、神奈川県鎌倉市を舞台に試験運用を開始した。今後しげんポストの設置数、回収品目の増加を行い資源回収量の向上を図る計画である。その過程ではさまざまな、施策を通して市民の参画率を高めるとともに、一過性のイベントではなく日々の生活の中に浸透させていくことを目指していく。課題として、資源循環は特定の製品のみでの再資源化が達成されても、社会全体へ与える影響は少ないことがあげられる。現在はまだリープ材から製造された製品に対してのみマテリアルマイナンバー情報が付与されている段階だが、今後、企業が販売する通常の製品に対しても材料情報をデータベースに組み込み、製品と紐づいた情報の付与が行われるように働きかけ、社会全体で活用できるようにしていく必要がある。

## 参考文献

1. 日本容器包装リサイクル協会  
[https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/lca\\_h24\\_01.pdf](https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/lca_h24_01.pdf) (参照 2022-9-23)
2. 一般社団法人日本化学工業協会  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo\\_gijutsu/haikibutsu\\_recycle/plastic\\_junkan\\_wg/pdf/002\\_07\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/plastic_junkan_wg/pdf/002_07_00.pdf) (参照 2022-9-23)
3. 日本容器包装リサイクル協会  
<https://www.jcpra.or.jp/recycle/recycling/tabid/433/index.php> (参照 2022-9-23)
4. 日本ポリプロ株式会社  
[https://www.pochem.co.jp/jpp/product/novatec-pp/novatec-pp\\_bussei.pdf](https://www.pochem.co.jp/jpp/product/novatec-pp/novatec-pp_bussei.pdf) (参照 2022-9-23)
5. Product Passport  
<https://circular-iq.com/> (参照 2022-9-23)
6. Source map  
<https://open.sourcemap.com/> (参照 2022-9-23)
7. R-Cycle  
<https://www.r-cycle.org/> (参照 2022-9-23)

## 謝辞

本研究は、文科省共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)地域共創分野「デジタル駆動超資源循環参加型社会共創拠点」として支援を受け、慶應義塾大学・鎌倉市・複数企業連携での研究成果である。