

修士論文2025年度

卵パック由来の3Dプリンタ用  
リサイクル材料開発と地域内循環の研究  
—鎌倉市における資源クラウドファンディングの試み—

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

矢田 美涼

# 修士論文2025年度 論文要旨

## 卵パック由来の3Dプリンタ用リサイクル材料開発と地域内循環の研究 —鎌倉市における資源クラウドファンディングの試み—

### 論文要旨：

本研究は、家庭から高頻度に排出されるプラスチック製卵パックを着目し、これを地域由来の材料として再定義することで、小規模かつ種類別回収を起点とした地域内循環の可能性を検討することを目的とする。従来の大規模かつ広域的なプラスチック回収・処理フローにおいては、素材固有の特性や色彩、さらには回収に関与する人や地域との関係性が十分に活用されてこなかった。本研究では、こうした既存システムと並行して成立しうる、小規模で個別的な回収と活用の循環に着目し、リサイクル材料の高品質化と市民の参加実感の醸成の可能性を新たな価値として提案する。

鎌倉市に設置された市民参加型資源回収BOX「しげんポスト」を通じて回収した卵パック由来 A-PET を対象に、3D プリンタ用リサイクル材料の開発、造形手法の検討、公共空間への実装を行った。

材料開発では、小規模設備による加工を前提とし、フィラメント化を経ないペレット式3D プリンタでの直接造形手法を確立し、効率的な材料化及び造形を実現した。さらに、造形手法の検討において、3Dプリンタのスクリーン回転数の制御によって透明性が連続的に変化する外観特性を造形中に生成できることを示した。

これらの知見を基に、卵パック由来材料を用いた「マチモノ」を制作し、回収拠点および公共交通拠点に設置した結果、回収行為が単なる廃棄ではなく、地域への参加として受け取られている様子が確認された。以上より、本研究は、資源を媒介として参加と循環を成立させる「資源クラウドファンディング」という概念を提起し、小規模な地域内循環が大規模リサイクルを補完しうる可能性を示した。

キーワード：3D プリンティング、リサイクル、リサイクル材料、地域内循環

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

矢田 美涼

**MASTER'S THESIS ACADEMIC YEAR 2025**  
**ABSTRACT OF MASTER'S THESIS**

---

**Research on development of recycled materials derived from egg packs  
for 3D printers and their circulation within the local community  
: An experiment in resource crowdfunding in Kamakura City.**

Abstract :

This study focuses on plastic egg packs, which are frequently discarded from households. By redefining them as locally sourced materials, it aims to explore the potential for small-scale, intra-regional recycling cycles starting with sorted collection. Conventional large-scale, wide-area plastic collection and processing flows have not sufficiently leveraged material-specific characteristics, colors, or relationships with the people and regions involved in collection. This study proposes new value by focusing on small-scale, individualized collection and utilization cycles that can coexist with existing systems, aiming to enhance recycled material quality and foster a sense of civic participation.

Using A-PET derived from egg packs collected through the citizen-participatory resource collection box “Shigen Post” installed in Kamakura City, this research conducted the development of recycled materials for 3D printing, an examination of fabrication methods, and implementation in public spaces.

In the material development process, assuming processing with small-scale equipment, a direct fabrication method using a pellet-based 3D printer without filamentization was established, enabling efficient material processing and fabrication. Furthermore, in examining fabrication methods, it was demonstrated that continuous variations in transparency could be generated during fabrication by controlling the screw rotation speed of the 3D printer.

Based on these findings, “machimono” produced from egg-pack-derived materials were fabricated and installed at collection sites and public transportation hubs. As a result, it was confirmed that the act of collection was perceived not merely as disposal, but as a form of participation in the local community. Accordingly, this study proposes the concept of “resource crowdfunding,” in which participation and circulation are realized through resources, and demonstrates the potential for small-scale localized circulation to complement large-scale recycling systems.

Keywords : 3D printing, Recycling, Recycled materials, Local resource circulation

Keio University

Graduate School of Media and Governance

Misuzu Yada

# 目次

---

論文要旨	002
ABSTRACT OF MASTER'S THESIS	003
目次	004
第1章 序論	007
1.1 背景	007
1.1.1 大規模プラスチックリサイクルで見落とされる特徴	007
1.1.2 リサイクリエーション慶應鎌倉ラボとしげんポスト	009
1.1.3 現状の鎌倉市における卵パックの回収とリサイクル	011
1.1.4 卵パックという資源の特徴	012
1.2 研究目的	014
1.4 論文の構成	015
第2章 関連研究	016
2.1 プラスチックリサイクルにおける3Dプリント技術の動向	016
2.2 透明・半透明リサイクル材料を用いた照明・プロダクト事例	016
2.3 公共空間における素材活用・市民参加型プロジェクト	019
2.4 本研究の位置づけと独自性	020
第3章 卵パック由来リサイクル材料の開発	022
3.1 本章の目的	022
3.2 卵パックの材質特性と資源としての前提条件	022
3.2.1 卵パックに用いられるプラスチック材料	022
3.2.2 卵パック資源の特徴	022
3.2.3 回収方法	023
3.2.3 回収状況と今後の予測	023
3.3 卵パック由来A-PETフィルムの3Dプリント材料化と加工条件探索	023
3.3.1 卵パック由来A-PETフィルムの前処理とフレーク化	024
3.3.2 フィルム状フレークの直接成形挙動の確認	025
3.3.3 フィルム状フレークとPETGペレット混合による直接造形手法	026
3.3.4 押出機によるペレット化の試行	027
3.4 卵パックフレークの方法化方法の確立	028
第4章 卵パック由来材料に適した造形手法の確立	029
4.1 本章の目的	029

4.2	造形システムと操作パラメータ	030
4.2.1	使用したペレット式3Dプリンタ環境	030
4.2.3	操作変数と支配変数の整理	031
4.3	造形に用いる材料	031
4.4	回転数制御による外観特性の変化に関する造形実験	032
4.4.1	温度条件の設定	032
4.4.2	実験条件および操作変数	032
4.4.3	実験結果	033
4.4.4	考察	033
4.5	回転数変調による外観の制御	034
4.5.1	連続的回転数変調によるグラデーション表現	034
4.5.2	G-codeによる回転数制御の自動化とグラデーション造形への展望	035
第5章	マチモノの制作	036
5.1	本章の目的	036
5.2	卵パック由来材料の特性とデザインへの影響	036
5.3	材料を起点としたブランドコンセプトの構築	036
5.4	マチモノの形態と設計方針	037
5.4.1	光る三角コーン	038
5.4.2	卵型ランプシェード	039
第6章	まちへの設置と記録	040
6.1	本章の目的	040
6.2	しげんポスト前への設置と人の振る舞いの観察記録	040
6.2.1	設置環境と目的	040
6.2.2	定点カメラ映像から読み取れる行動	041
6.2.3	現地観察を通じて確認された振る舞い	042
6.4	湘南モノレール湘南江の島駅での展示記録	045
6.4.1	展示概要	045
6.4.2	関係者へのヒアリング	046
6.5	しげんポストの継続的運用における市民認知と参加意識の変化	048
第7章	考察	049
7.1	本研究における地域内循環の成立条件の整理	049
7.2	回収行為を「参加」として捉え直す視点	049
7.3	地域文脈を内包したマチモノによるランドスケープの再編	050
7.3	資源クラウドファンディングという概念の提唱	050
7.3.1	金銭を介さない参加の構造	050

7.3.2 資源クラウドファンディングの定義	050
7.3.3 循環量設計とストックレス運用の重要性	051
7.4 継続性と資金回収に関する課題	052
7.5 今後の展開に向けた考察	052
第8章 結論	053
8.1 本研究の総括	053
8.2 学術的・実務的貢献	053
8.3 今後の展望	054
謝辞	056
学会発表実績	058
参考文献	059
付録	061

# 第1章 序論

## 1.1 背景

### 1.1.1 大規模プラスチックリサイクルで見落とされる特徴

プラスチックをめぐる社会的議論は、これまで主に環境汚染や廃棄物処理の問題として展開されてきた。各国の政策や産業システムにおいて、プラスチックは使用後に回収・選別・再資源化、あるいは焼却・埋め立てといった処理フローへ移行することを前提として位置づけられており[1]、こうした広域的・集約的な処理インフラは、現代社会を支える重要な基盤となっている。実際、大量のプラスチックを安定的かつ継続的に循環させるためには、既存の処理フローは不可欠であり、それ自体が否定されるべきものではない。

一方で、このような広域処理を前提としたリサイクルシステムでは、効率的な大量処理や安定的運用を重視しているため、家庭から排出されるプラスチックを、PP、PE、PS、PETなど複数の樹脂が混在した状態で「容器包装プラスチック」として一括回収することが一般的である[2]。その後は不純物の選別を経て、圧縮されて混合プラスチックとして出荷される。これらは、工場のパレットや擬木などにマテリアルリサイクルされるほか、ガス化・油化・高炉還元剤化などのケミカルリサイクル、焼却による熱回収（サーマルリサイクル）などに利用されている（図1）[3]。つまり、元のプラスチックの品質を維持しない形での再資源化、すなわちダウンサイクルが主流となっている。

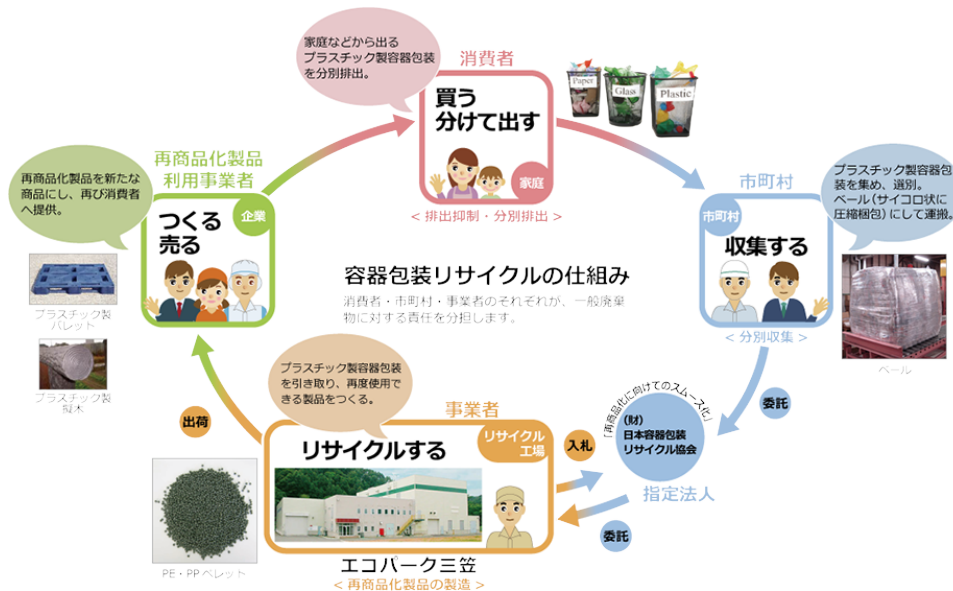


図1. 容器包装リサイクルの仕組み  
(<http://www.ecop-mikasa.co.jp/overview/index.html>より引用)

これらのリサイクルは、元のプラスチック素材固有の特性が不可逆的に失われるため、リサイクルを繰り返す中で価値が下がっていく。また、大規模な処理の過程で、排出された地

域から地理的に離れた場所に移動することにより、誰がどこで何を捨てたのかという文脈を追跡することが難しくなる。大規模かつ効率的な循環を成立させるうえで合理的な手法である一方、素材が本来持つ特性や、回収に関与する人や地域との関係性を循環の中で読み取る余地を持たない構造でもある。

こうした特徴を踏まえると、既存の広域的処理システムは、大量処理と安定供給を担う循環として不可欠である一方で、それとは異なる価値の在り方を扱う循環の余地が存在すると考えられる。

本研究は、広域的な処理システムと並行して存在しうる、小規模かつ種類別の回収と活用の循環に着目し、それによって初めて立ち現れる価値の在り方を検討するものである。地域内で回収されたプラスチックは、匿名的な原料として均質化されるのではなく、回収行為や地域との関係性を内包した地域由来の材料として再定義されうる。こうした循環は大量処理を目的とする既存フローを代替するものではなく、それでは生み出されにくい意味的・社会的価値を補完的に創出する可能性を持つ。

#### • エレン・マッカーサー財団によるサーキュラーエコノミー三原則

サーキュラーエコノミー（Circular Economy）の概念は、資源消費と廃棄を前提とした線形型経済（Linear Economy）に代わる持続可能な経済モデルとして、エレン・マッカーサー財団によって体系的に提唱されてきた[4]。資源制約や環境負荷の増大を背景に、製品・素材・資源を可能な限り高い価値のまま循環させる経済システムへの転換を国際的に推進している。

同財団は、サーキュラーエコノミーを支える基本原則として、以下の三原則を提示している[5]。

- ①廃棄や汚染を出さない
- ②製品・素材を高い価値のまま循環させる
- ③自然を再生させる

これらの原則は、単なるリサイクル効率の向上にとどまらず、設計段階から資源の循環性や利用後の行方を組み込むことを重視している点に特徴がある。本研究は、この三原則のうち、特に「製品・素材を高い価値のまま循環させる」という観点に着目し、小規模かつ地域内に閉じた資源循環の実践を通じて、既存の大規模リサイクルでは見過ごされがちな素材特性や利用価値の保持可能性を検討するものである。

#### • Nancy Bocken らの循環戦略フレームワークにおける地域内循環

サーキュラーエコノミーを実践へと落とし込むための理論的整理として、Nancy Bockenらは、循環戦略を「narrow」「slow」「close」「regenerate」の四類型に分類している（図2）[6]。この枠組みは、資源循環を単一の理想像として捉えるのではなく、資源投入量、製品寿命、循環経路、自然資本との関係といった異なる介入点から整理する点に特徴がある。

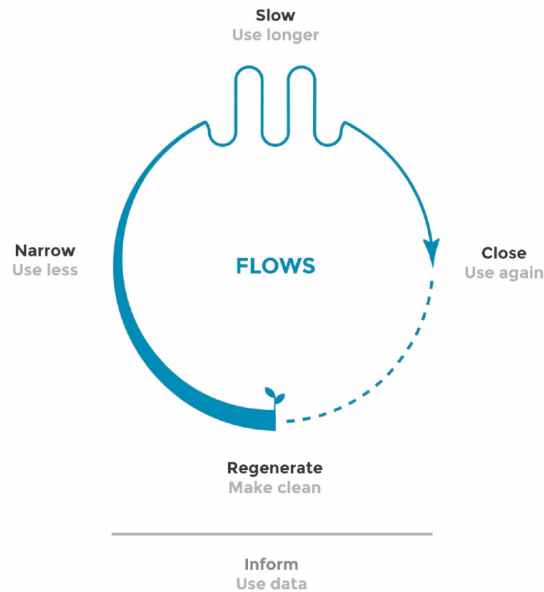


図2. A circular economy: narrow, slow, close and regenerate material and energy flows  
( [6]より引用)

このうち「close」は、使用後の製品や素材を再び資源として循環させることを目的とする戦略であり、循環の空間的・制度的スケールがその成立条件に大きく影響する。大規模かつ広域なリサイクルシステムでは、回収資源が長距離輸送や複数の中間処理工程を経ることが一般的であり、輸送コストやエネルギー負荷の増大、混合回収による品質低下や用途の限定といった課題が生じやすい。これに対し、小規模で閉じた循環では、回収から再利用までの距離が短く、輸送回数や中間工程を最小化できるため、物理的・経済的負荷を抑えた循環が成立しやすい。また、地域内で回収・処理・利用が完結することで、回収対象となる素材の来歴や性質を把握しやすくなり、選別や前処理の負担を軽減しつつ、素材品質を維持した再利用が可能となる。こうした点から、地域内循環は「close」戦略を具体化する実践形態として位置づけることができる。

この理論的整理を踏まえ、大規模回収が行われているかつ、小規模循環を実践しやすいと考えられる中都市スケールで実践を行う。本研究では、中都市である鎌倉市を舞台としている。

### 1.1.2 リサイクリエーション慶應鎌倉ラボとしげんポスト

#### • リサイクリエーション慶應鎌倉ラボとは

リサイクリエーション慶應鎌倉ラボ（以下、鎌倉ラボ）は、鎌倉市を舞台に地域連携型の実践を行う研究拠点である。国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）が推進する共創の場形成支援プログラム（COI-NEXT）における、「リスペクトでつながる『共生アップサイクル社会』共創拠点」の活動の一部として運営されている[7]。本拠点は、慶應義塾大学を代表機関とし、鎌倉市を幹事自治体として、大学、自治体、企業、市民が連携する体制のもとで構築されたものであり、地域における資源循環のあり方を実証的に検討することを目的としている。

## ・しげんポストとは

今回研究で用いる「しげんポスト」とは、鎌倉ラボ、鎌倉市、花王株式会社、面白法人カヤックが運営する資源回収BOXのことである[8]。市民参加型の小規模資源回収を行う実験的インフラとして、鎌倉市内の市役所や支所、鎌倉ラボ前などに設置されている。自治体によるプラスチック回収とは異なり、回収対象となる素材を限定し、元のプラスチックの品質を可能な限り保持したまま回収し、地域内で利用される資源として再生させることを目的として運営されている[8]。これらの資源から作られる、回収地域に還元設置されるモノのことを「マチモノ」と呼称している。

さらに、本研究におけるしげんポストは、資源回収のための装置であると同時に、市民の行動や意識の変化を観測する社会実験・調査装置としても機能する[24]。設置場所、成果物展示、掲示情報の内容といった環境要因が、投函行動や滞在時間、参加頻度にどのような影響を与えるかを観察・記録することで、市民が資源循環に関与する際の動機や意味生成のプロセスを分析することが可能となる。このように、しげんポストは、従来の資源回収フローを代替することを目的とするものではなく、既存システムでは捉えきれなかった小規模循環特有の価値や可能性を検証するための実験的基盤として、本研究において中心的な役割を担う。

## ・しげんポストの回収対象資源

しげんポストは現在、鎌倉ラボの前の他、鎌倉市役所や支所、面白法人カヤック前[27]に設置されており、使用済み洗剤つめかえパックの回収を主に行っている。2023年10月から卵パック回収専用のしげんポストを鎌倉ラボの前の一か所に設置し、プラスチック製卵パックの回収を行っている（図3）。本研究では、このプラスチック製卵パックの回収及び循環を行う。



図3. 鎌倉ラボ前に設置された卵パック用しげんポスト

### 1.1.3 現状の鎌倉市における卵パックの回収とリサイクル

#### • 自治体による分別回収

鎌倉市においてプラスチック製卵パックは、容器包装プラスチックとして、個包装フィルムや食品トレイなどと同様に自治体回収の対象となっている。市民は分別ルールに従い、使用後の卵パックを他の容器包装プラスチックとまとめて排出しており、週1回の収集によって回収されている[9]。

回収された容器包装プラスチックは、中間処理施設において不純物の除去や簡易的な選別を経た後、圧縮・梱包されリサイクル事業者へと出荷される[10]。この回収・処理フローは、大量の資源を安定的かつ効率的に処理することを目的としたものであり、卵パックもその一部として広域的なりサイクルシステムの中に組み込まれている。このような自治体回収は、容器包装プラスチックを一括して扱う仕組みであり、特定の製品や用途に着目した回収や活用を前提としたものではなく、圧縮成型品等のダウンサイクル製品にリサイクルされている。

#### • 生活協同組合（CO-OP）による卵パック回収

生活協同組合（CO-OP）では、組合員を対象として、宅配サービス時およびCO-OP店舗に設置された専用回収BOXにおいて、CO-OP販売品の卵パックに限った回収を行っている（図4）。回収された卵パックは、CO-OPグループ内で選別・洗浄された後、再び卵パックとしてリサイクルされる。このように、同一用途の製品へ再生する循環は水平リサイクルと呼ばれ、理想的な資源循環の一形態と位置づけられる。一方で、水平リサイクルを成立させるためには、高い純度を維持した資源回収が不可欠である。本事例では、回収対象をCO-OP組合員に限定し、回収対象の商品を指定することで品質を担保するとともに、CO-OPグループ内で一定量を安定的に集積する体制を構築することにより、水平リサイクルが実現されている[11]。

一般的なスーパーマーケットでは、対象商品を指定しづらいため、種類の違う卵パック同士が上手く重ならず輸送コストがかかったり、フィルム状の素材がリサイクル工程で扱いにくいいためそもそも個別回収の対象になっていない現状がある。

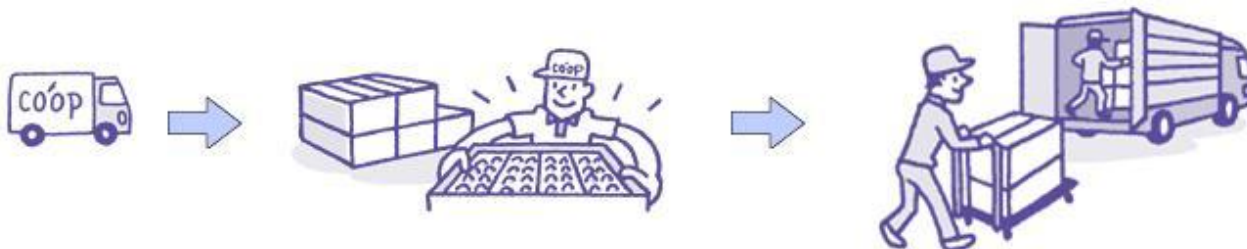


図4. 回収された卵パックが樹脂処理工場へ運ばれる様子（[11]から引用）

## • しげんポストでの回収

しげんポストは、鎌倉市民であれば誰でも参加可能であり、取り組みに共感した市民が任意に卵パックを持ち込める点に特徴がある。回収対象を卵パックに限定することで、材質が比較的均質なプラスチックを選択的に回収することが可能となる。回収された卵パックは、素材特性をできるだけ保持したまま再利用することを前提に取り扱われ、地域内での活用を目的とした新たな製品へと転換される。この回収方式は、大規模なリサイクル工程では捨象されがちな素材の来歴や回収行為そのものを可視化し、市民参加型の小規模資源循環を成立させる実験的な回収ルートとして位置づけられる。

### 1.1.4 卵パックという資源の特徴

#### • 単一素材であり、色の均質性が高い

卵パックは、主にA-PET（非晶性ポリエチレンテレフタレート）の単一素材で成形されており、異種材料の混在が少ない容器包装である[12]。そのため、回収後の選別工程において素材由来のばらつきが生じにくく、リサイクル材料として安定した品質を確保しやすいという特性を持つ。

また、卵パックは内容物の視認性が求められる包装であることから、透明性の高い素材が用いられている（図5）。この特性は、再溶融・再成形後においても光の透過性を活かした表現が可能であり、意匠性を伴う造形材料としての応用に適している。

さらに、流通している卵パックの色は、一般的な無色透明と、赤卵をおいしく見せるためのピンク色にほぼ限定されている（図5）。このため、回収素材の色相が過度に混濁することがなく、再生材料においても発色が濁りにくく、視覚的に清潔感のある色調を得やすい。このような色の限定性は、他の混合プラスチック資源には見られない、卵パック特有の利点である。



図5. 国内で流通している無色透明及びピンク色の卵パック

## • 汚れが比較的少ない

卵パックは、調理済み食品や液体を含む食品の容器と異なり、卵パックは油分や調味料による汚染を受けにくく使用後の汚れが比較的少ない資源である。内容物が破損しない限り目立った汚れや臭気を伴わない状態で排出される場合が多い。このため、回収時における洗浄や異物除去の負担が小さく、素材の品質を保ったまま回収・再利用しやすいという利点がある。

## • 家庭からの排出頻度が高い

卵パックは、家庭において日常的に消費される鶏卵の容器包装であり、継続的に排出される資源である。卵は多くの家庭で常備される食品であるため、その包装である卵パックも家庭ごみとして定期的に発生する。田中研究室内で実施した家庭内の探索的調査では、1家庭あたり約3人の生活条件を仮定した場合、卵パックの排出量は1週間あたり約2個程度であることが確認された。この結果は限定的な調査に基づくものであるが、卵パックが家庭から比較的高い頻度で排出される資源であることを示している。

## • これまで卵パックが個別回収されてこなかった理由

- ①過去にPS、PVC、PETなど複数材質が流通しており、特にPVC混入が熱処理工程での塩素由来問題（塩化水素発生、ダイオキシンの発生、設備腐食等）を招き得るため、材質判別と工程適合性の面で不利であった（環境配慮から2000年以降はA-PETに置きかえられている[12]）
- ②容器包装リサイクル制度において小規模事業者は適用除外となり、供給構造が分散しやすい鶏卵業界では、卵パックの回収スキームを主導する主体が形成されにくい
- ③卵パックは嵩張るため、輸送・保管効率が悪い
- ④フィルム状容器は、選別・前処理（異物除去、破碎等）に高い負荷を要するにもかかわらず回収量が限られるため、リサイクルの優先度は低くなりやすい[13]
- ⑤紙のラベルが付いた製品があり、混在するとリサイクルが困難

以上の背景から大規模なプラスチックリサイクル回収において卵パックがこれまで単独で積極的に個別回収・資源化されてこなかったと考えられる。

## • 小規模回収による卵パック資源化の可能性

卵パックは素材的・物理的にはリサイクルに適した特性を有しているにもかかわらず、大規模な自治体回収や産業的リサイクルの枠組みにおいては、個別に回収・活用されてこなかった。これは卵パック自体に本質的な欠陥があるというよりも、大量回収・一括処理を前提とした既存の回収システムが、卵パックの特性を活かす設計になっていなかったことに起因すると考えられる。

本研究では、こうした前提を転換し、小規模かつ限定的な回収スケールを採用することで、卵パックの資源的価値を引き出す可能性に着目する。小規模回収では、混入や汚染を抑えた状態での資源を集積や目視での選別が可能であり、従来の容器包装プラスチック回収では困難であった単一素材としての品質保持が実現しやすくなる。

また、回収量や効率の最大化を第一目的とするのではなく、素材の特性や由来を把握しながら扱う運用を許容する。この点において、卵パックは家庭からの排出頻度が高く、汚れが比較的少なく、かつ透明性や色彩が限定された素材であるため、小規模回収との親和性が高いといえる。

さらに、地域内での循環を前提とした資源利用とも結びつきやすい。回収から加工、利用までの距離が短縮されることで、素材がどのように回収され、どのような形で再利用されるのかが可視化され、回収に参加する主体との関係性が生まれる。このような文脈の中では、卵パックは単なる廃棄物ではなく、地域由来の材料として再定義されうる。

以上の点から、本研究では、大規模回収では捉えきれなかった卵パックの特性に対し、小規模回収という枠組みを導入することで、素材の品質を保持したまま資源化し、新たな利用価値を創出できる可能性があると考えられる。

## • 小規模回収と3Dプリント

本研究で扱うプラスチック材料の再資源化手法として、3Dプリント（積層造形）技術に着目する。3Dプリントとは、デジタルデータに基づき、材料を層状に積み重ねることで立体物を製造する加工技術であり、近年は試作や小ロット生産を中心に広く活用されている。従来の成形手法と比較して、金型を必要とせず、材料投入量や形状を柔軟に制御できる点に特徴がある。

この特性は、小規模な地域内循環で回収されたプラスチック材料の再利用と高い親和性を持つ。射出成形や押出成形を前提とした大規模リサイクルでは、材料の均質性や一定量の確保が求められるのに対し、3Dプリントは比較的少量の材料でも造形が可能であり、素材特性のばらつきや回収条件の違いを許容しやすい。また、デジタルデータを介した設計変更や試作を繰り返すことができるため、地域内で得られた材料の性質に応じて、形状や用途を調整しながら循環させる手法として位置づけることができる。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、家庭から高頻度に排出されるプラスチック製卵パックを地域由来の材料として再定義し、小規模かつ素材を限定した回収・再資源化の枠組みが、従来の大規模リサイクルでは生み出しにくかった市民のリサイクルへの参加実感をいかに創出しうるかを明らかにすることである。

具体的には、鎌倉市内に設置された市民参加型の資源回収BOX「しげんポスト」を起点とした卵パックの個別回収を対象とし、回収された卵パック由来のA-PETを用いた3Dプリンタ用材料の開発および造形実践を行う。これにより、素材特性を保持したまま再資源化する技術的可能性を検証するとともに、地域内で回収された資源が同一地域で利用される循環の具体像を提示することを目的とする。

大規模で効率的なリサイクルシステムを否定するのではなく、それとは異なるスケールと論理に基づく小規模・種類別回収の意義を補完的に示し、卵パックという身近な素材を題材に新たな資源循環の価値を提案することを本研究の最終的な目的とする。

## 1.4 論文の構成

本論文は次のように構成される (図6)。



図6. 論文の構成

卵パックを対象資源として、小規模・種類別回収を起点に、材料開発、ペレット式3Dプリンタによる造形手法の確立、公共空間に設置するマチモノの制作および社会実験を段階的に行い、それらの実践を通じて市民のリサイクルへの参加実感を醸成する。これらから地域内循環の成立条件と資源クラウドファンディングの概念を考察し、その学術的・実務的意義と今後の展望を示す構成とする。

## 第2章 関連研究

---

### 2.1 プラスチックリサイクルにおける3Dプリント技術の動向

- 3Dプリントによる分散型製造の特徴

近年、積層造形技術の発展に伴い、廃プラスチックを原料とした3Dプリント材料の研究および実践が拡大している[14]。従来のプラスチックリサイクルは、射出成形や押出成形を前提とした大規模かつ均質な材料循環を志向してきたが、3Dプリント技術は小ロット・分散型生産に適しており、地域単位での再資源化やデザイン介入と親和性が高い手法として注目されている。

- ペレット式3Dプリンタの特徴と大型造形への適用

ペレット式3Dプリンタは、ひも状のフィラメント材料を介さず、ペレットや破砕フレークを直接溶融・押出する方式であり、材料加工工程の簡略化、大型造形への適性、高吐出量といった特徴を有する。特にリサイクル材の活用においては、フィラメント径の安定化を必要としない点が利点として挙げられ、地域内で回収・前処理されたプラスチックを比較的容易に造形工程へ接続できる可能性がある。一方で、材料の含水率や粒度分布、熟履歴の管理が造形品質に大きく影響するため、材料特性に応じた運用設計が不可欠である。

### 2.2 透明・半透明リサイクル材料を用いた照明・プロダクト事例

リサイクルプラスチックの中でも、透明あるいは半透明の特性を活かした照明・プロダクトは、素材由来の物語性と視覚的魅力を同時に提示できる領域として注目されている。特に照明は、光透過性や拡散性といった材料特性が体験に直結するため、リサイクル材の特性を積極的に表現へと転換する試みが多く見られる。

- Kooij によるLIGHTSシリーズ：PETボトル由来透明材料による照明事例

Kooij は、使用済みPETボトルを原料とした再生プラスチックを用い、3Dプリントによる照明器具を制作しているオランダの照明ブランドである[15]。同ブランドの照明は、大型の積層造形装置を用いて製作されており、リサイクル材を用いた積層痕が意匠として明示的に残されている点に特徴がある。これにより、製品表面には均質な工業製品とは異なるテクスチャが生じ、素材が再生され、積層造形によって形づくられた過程そのものが視覚的に表現されている（図7）。



図7. Kooij LIGHTSシリーズ (<https://kooij.com/>より引用)

同事例では、透明性の確保が単なる物性要件として扱われるのではなく、積層ピッチや造形軌跡によって光の透過や拡散の度合いが変化する点が積極的に活用されている。完全な透明性や均質性を目指すのではなく、再生材特有の色味の揺らぎや光のにじみを許容することで、素材の来歴と造形プロセスを感じ取ることができる光環境が構成されている。

このように Kooij Lights の照明は、リサイクルプラスチックを「新品同様の材料に戻す」ことを目的とするのではなく、再生材であること、積層造形であることを隠さずに提示する点に意義がある。その結果、照明という日常的なプロダクトを通じて、素材循環の存在やプロセスが利用者に知覚される構造が成立している。

#### • Fishy Filaments 「Porthcurno」：漁網由来半透明材料と照明への展開

Fishy Filaments の「Porthcurno」シリーズは、廃棄された漁網を回収・再生したナイロン系リサイクル材料を用いて制作された半透明の照明プロダクトである[16]。本シリーズは、海洋プラスチック問題の中でも視認性が高く、生態系への影響が指摘されてきた漁網を主たる素材とし、その来歴を明確に示したうえで製品化している点に特徴がある。



図8. Fishy Filaments 「Porthcurno」

(<https://3dfs.idarts.co.jp/items/67382766>より引用)

Porthcurno に用いられる再生ナイロン材料は、完全な透明性を持たない半透明の質感を有しており、照明として使用した際には光を柔らかく拡散させる特性を示す（図8）。この半透明性は、素材由来の制約として扱われるのではなく、海中を想起させる光のにじみや陰影表現として積極的に活用されている。その結果、光の振る舞いと素材の物語が視覚的に結びついた表現が成立している。

また、素材が漁網由来であることや、それがどのようなプロセスを経て照明へと転換されたのが、プロダクトの説明やブランドコミュニケーションを通じて明示されている。これにより、照明は単なる機能的プロダクトにとどまらず、海洋汚染問題や資源循環への関心を喚起する媒介として位置づけられている。

このように Fishy Filaments「Porthcurno」は、リサイクル材料の物性と環境的文脈を一体として扱い、半透明という特性を照明表現へと結びつけた事例である。

### • HONOKAによる「TRACE OF WATER」：ウォーターボトル由来材料の照明事例

HONOKAのTRACE OF WATER は、使用済みウォーターボトルを原料とした再生プラスチックを用い、半透明の質感を活かした照明表現を展開するプロジェクトである[17]。いずれの事例においても、素材が本来持つ「水を通す容器」としての文脈が重視されており、ウォーターボトル由来であることが表現コンセプトの基盤として明確に位置づけられている。

これらの照明では、再生材の透明性や半透明性が、単に光を通すための物性として扱われるのではなく、「水」や「流れ」「揺らぎ」といったイメージと結びつけられている。光が素材内部を通過する過程で生じる拡散や陰影は、水を介した光の振る舞いを想起させ、素材の来歴と視覚体験とが重ね合わされる構成となっている（図9）。

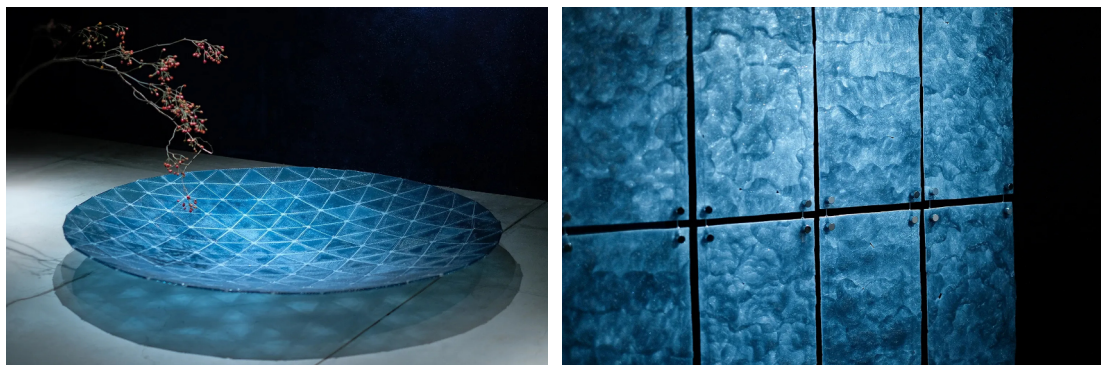


図9. HONOKATRACE OF WATER (https://traceofwater.com/202412より引用)

また、HONOKA および TRACE OF WATER の事例では、素材がウォーターボトル由来であることや、再生プロセスを経て照明へと転換された経緯が、展示空間や説明媒体を通じて利用者に提示されている。これにより、照明は機能的なプロダクトにとどまらず、日常的に消費されるプラスチック資源と環境負荷への認識を促す装置として機能している。

このように、HONOKAの「TRACE OF WATER」の照明事例は、透明・半透明という素材特性をコンセプト形成の中核に据え、ウォーターボトルという素材の文脈を光表現へと

翻訳している点に特徴がある。

## 2.3 公共空間における素材活用・市民参加型プロジェクト

公共空間を舞台としたリサイクル素材の活用は、単なる製品化にとどまらず、市民が資源循環に関与する機会を創出する実践として位置づけられてきた。とりわけ、地域で排出される素材を公共家具やサインといった形で再構成するプロジェクトでは、素材提供者と利用者が同一の都市住民である点に特徴があり、循環を体験的に理解させる装置として機能している。

### • The New Rawによる「Print Your City!」：都市由来プラスチックを用いた公共家具プロジェクト

Print Your City! は、都市で排出されるプラスチックごみを回収し、大型3Dプリント技術を用いてベンチや街路家具へと再構成するプロジェクトである[18]。本プロジェクトでは、回収素材をペレット化し、ペレット式を含む大型積層造形によって公共空間向けの耐久性を備えた家具を制作している（図10）。



図10. Print Your City! プロジェクトのベンチ (<https://www.printyour.city/products>より引用)

特徴的なのは、市民が素材の排出者であると同時に、完成した家具の利用者でもある点である。プロジェクトの過程では、素材が「都市由来のプラスチック」であることが明示され、それがどのような工程を経て公共家具へと転換されたのかが可視化されている。これにより、完成物は単なるデザイン家具ではなく、都市の廃棄物循環を体現するメディアとして機能している。

### • 花王リサイクリーションと慶應義塾大学によるつめかえパック由来材料を用いた「まちアイテム（マチモノ）」の制作

花王株式会社 が推進する「リサイクリーションプラス」プロジェクトは、洗剤等のつめかえパックに着目し、市民参加型の回収と再資源化を通じて、地域内循環の実装を目指す取り組みである。本プロジェクトでは、従来リサイクルが困難とされてきた多層構造のつめかえパックを対象とし、生活者が資源循環に関与するための具体的な回収インフラとして、しげんポスト が設置されている[8]。

しげんポストは、市民が日常生活の中で使用したつめかえパックを自ら投入する回収拠点として機能しており、回収行為そのものが循環の起点として位置づけられている。回収されたつめかえパックは、再生材料として加工されたのち、地域で利用されるベンチやプランター等の「まちアイテム（マチモノ）」へと転換され、公共空間に設置される（図11）。このように、資源の回収から成果物の設置・利用までが地域内で完結している点が、本プロジェクトの特徴である。



図11. 花王リサイクルーション材料によるまちアイテム（<https://shigenpost.com/>より引用）

また、本事例では、完成したまちアイテムが公共空間に恒常的に配置されることにより、資源循環が一過性のイベントではなく、市民の日常環境の一部として可視化されている。市民は、しげんポストへの資源投入という自らの行為と、公共空間に存在する成果物とを結びつけて認識することができ、循環のプロセスが抽象的な概念ではなく、具体的な経験として理解される構造が成立している。

## 2.4 本研究の位置づけと独自性

以上の事例は、いずれもリサイクル材料の新たな価値創出や循環の可視化において重要な示唆を与えている。しかし、これらを横断的に比較すると、素材の質的特性、循環の空間的距離、市民参加の実感の三点を同時に成立させた事例は少ないことが分かる。

本研究の独自性は、第一に、卵パック由来 A-PET の透明性およびピンク色といった素材特性を中核的価値として扱っている点にある。特徴的な見た目は、素材の由来を視覚的・感覚的に伝える媒体として機能する。

第二に、回収・加工・設置を中都市スケールで閉じた循環として設計している点である。しげんポストによる種類別・小規模回収により、資源の出どころと還元先が一致し、循環の距離が短く保たれている。

第三に、市民参加を日常的な資源提供行為として組み込んでいる点である。イベント的、一過的な参加ではなく、継続的な素材提供を通じて市民が循環の一部として関与し続ける構造を持つ。

これらの点から、本研究は、「素材の審美性」「閉じた循環」「継続的な参加の実感」の三要素を統合した実践研究として位置づけられる。

関連研究の比較を以下の表1に示す。

表1. 透明・半透明リサイクル材料／市民参加型プロジェクトの比較

事例名	素材名・由来	主用途・スケール	透明性・光表現の扱い	造形・製造手法	循環の空間的スケール	市民参加の位置づけ	特徴・評価軸	
透明・半透明リサイクル材料	Kooij Lights <sup>*1</sup> 	PET ボトル由来 再生 PET	照明 (室内 / プロダクト)	完全透明を目指さず、 積層ピッチ・造形軌跡 による透過・拡散の差 を表現として活用	大型 3D プリント (積層造形)	グローバル / 製品 流通スケール	直接的参加なし (素材来歴の可視化 にとどまる)	再生材・積層造形で あることを隠さず プロセス自体を意匠化
	Fishy Filaments 「Porthurno」 	廃漁網由来リサイ クルナイロン <sup>*2</sup>	照明 (室内 / 材料・プロ ダクト)	半透明性を制約ではな く、海中を想起させる 光のにじみとして積極 的に利用	フィラメント化 + 3D プリント	グローバル (素材回 取) + 製品流通	直接的参加なし (環境問題の提示 が主)	素材の環境的文脈 (海洋汚染) と光表現 を強く結合
	HONOKA 「TRACE OF WATER」 	ウォーターボトル 由来再生プラスチ ック <sup>*3</sup>	照明 (室内 / 展示空間)	透明・半透明性を「水」 「流れ」「揺らぎ」のイ メージに翻訳	成形 + 展示構成	展示空間単位 (限定的)	鑑賞・理解として 間接的参加	素材の用途履歴 (ウォーターボトル) をコンセプトの核に 据えた表現
市民参加型プロジェクト	The New Raw 「Print Your City!」 	都市由来混合 <sup>*4</sup> プラスチック	公共家具 (ベンチ等)	透明性は主題ではなく、 素材感・堅牢性を重視	ベレット式を含む 大型 3D プリント	都市スケール イベント (回収～設置)	市民が資源提供 市民が利用	都市廃棄物の循環を 公共空間で体現する イベント
	花王リサイクリエー ション × 慶應義塾 大学 	つめかえバック 由来多層プラス チック <sup>*5</sup>	まちアイテム (ベンチ等)	透明性は主題ではない	ベレット式を含む 大型 3D プリント	地域内循環 (回収～設置が 市内完結)	市民が継続的に 資源提供 市民が利用	資源提供と成果物を 結び付ける循環の可 視化
透明・半透明 リサイクル材料 × 市民参加型 プロジェクト	本研究 	卵パック由来 A-PET	照明 (公共空間想定)	透明・半透明・ピン ク色を素材固有の価値 として中核化	ベレット式を含む 3D プリント (造 形条件制御)	地域内循環 (回収～設置が 市内完結)	市民が継続的に 資源提供 市民が利用	資源提供と成果物を 結び付ける循環の可 視化

\*1 <https://kooij.com/>より引用

\*2 <https://3dfs.idarts.co.jp/items/67382766>より引用

\*3 <https://traceofwater.com/202412>より引用

\*4 <https://www.printyour.city/products>より引用

\*5 <https://shigenpost.com/>より引用

## 第3章 卵パック由来リサイクル材料の開発

---

### 3.1 本章の目的

本章では、本研究で対象とするプラスチック製卵パックを原料とした3Dプリンタ用リサイクル材料の開発プロセスについて述べる。特に、卵パックという日常的かつ高頻度に排出されるプラスチック資源を、小規模・種類別に回収した場合に、どの程度材料品質を保持したまま造形材料へ転換できるのかを明らかにすることを目的とする。

本研究における材料開発は、汎用的な高性能材料の創出やリサイクル性の高い材料開発を目的とするものではなく、地域内循環に適した「扱いやすさ」「審美性」「再現性」を重視した材料特性の検討に重点を置く。そのため、工業規格に基づく厳密な物性評価ではなく、実制作における加工可能性および造形挙動を中心に検証を行った。

### 3.2 卵パックの材質特性と資源としての前提条件

#### 3.2.1 卵パックに用いられるプラスチック材料

日本国内で流通するプラスチック製卵パックは、主にA-PET（アモルファスポリエチレンテレフタレート）を素材としている[12]。A-PETは非晶性であり、透明性が高く、食品包装用途として広く使用されてきた材料であり、耐薬品性や寸法安定性に優れる一方、加熱条件やせん断条件によって白濁が生じやすいという特性を持つ。

また、過去にはPS製やPVC製の卵パックも存在していたが、燃焼時の有害ガスの発生が問題視され、近年ではほとんど流通しておらず[12]、本研究において回収された卵パックはすべてA-PET製であった。この点は種類別回収を前提とした材料化において重要な前提条件となる。

#### 3.2.2 卵パック資源の特徴

- ・家庭からの排出頻度が高く回収量が安定しやすい
- ・食品由来であるが内容物が固体であるため汚れが比較的少ない
- ・単一素材で構成されており異素材混入が少ない
- ・無色透明およびピンク色にほぼ限定されている（鎌倉ラボ前回収では15%がピンク色）

これらの特性は、地域内で小規模に回収し、素材特性を可視化しながら利用する実践研究に適していると考えられる（図12）。

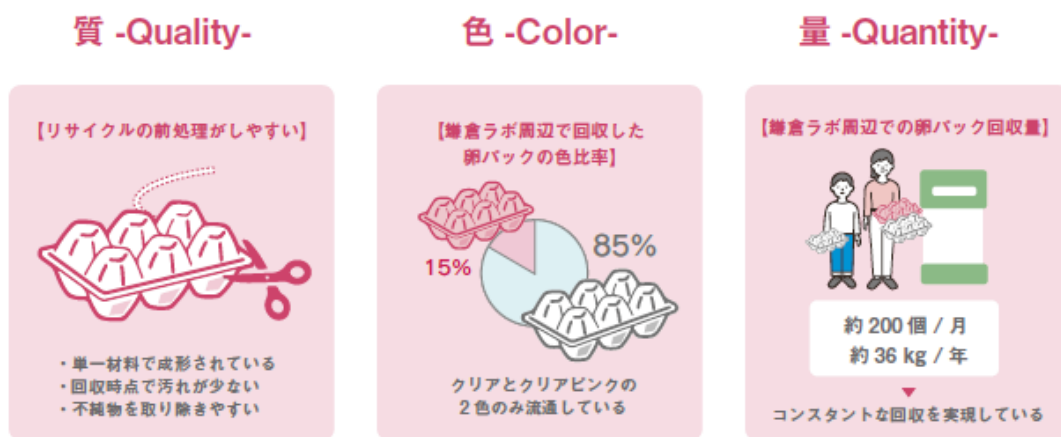


図12. 卵パック資源の特徴

### 3.2.3 回収方法

本研究では、「しげんポスト」による市民参加型の回収を通じて、使用済み卵パックを収集した。回収時には、他素材の混入を防ぐため、対象資源を卵パックのみに限定し、回収BOX上で明示的に周知を行った。さらに、投入口の形を工夫し、卵パック以外の製品が入りにくいようにするほか、BOX全体を透明にして中身を可視化することで心理的に異物を入れにくくするなどの工夫を施した（図13）。

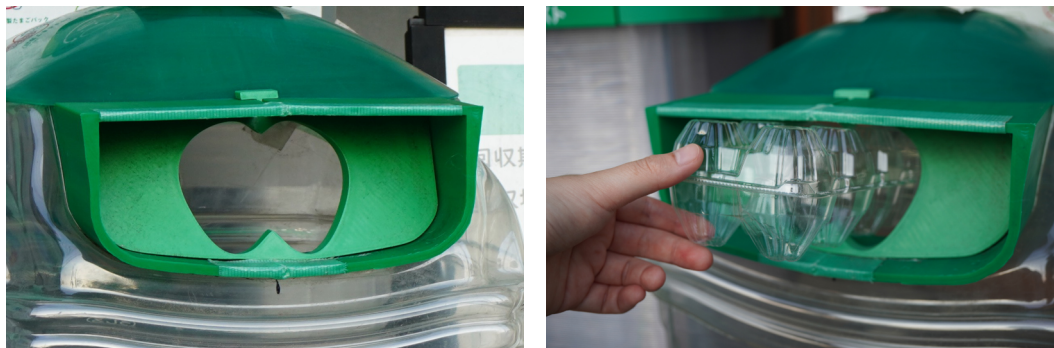


図13. 卵パック以外を入れにくくした投入口

### 3.2.3 回収状況と今後の予測

卵パックは、鎌倉ラボ前の1か所のみで、2025年12月現在、毎月200個のペースで卵パックの回収ができています。卵パック1個当たり約15gだとした場合、年間36kg回収の見込みがある。

## 3.3 卵パック由来A-PETフィルムの3Dプリント材料化と加工条件探索

A-PET 製卵パックを原料としたリサイクル材料について、異物除去およびフレーク化から、3Dプリントによる造形に至るまでの一連の材料化プロセスを記述する。本研究では、材料物性の最適化そのものを目的とするのではなく、小規模な回収・加工体制において、効

率よく、安定的に、かつ材料ロスの少ない3Dプリント手法を確立することを主眼とした。  
 使用した主な機材は以下の通りである（表2）。

区分	機材名	メーカー
粉碎	粉碎機 P-1636	株式会社ホーライ
押出	卓上押出機 AS-1	株式会社エーベックスジャパン
押出	Filament Maker ONE	3devo
成形	射出成形機 INARI M12	株式会社オリジナルマインド
造形	大型ベレット式プリンタGEM550D	株式会社エス.ラボ

表2. 卵パック材料化に使用した機材

### 3.3.1 卵パック由来A-PETフィルムの前処理とフレーク化

使用済み卵パックは、回収された後、目視および手作業により、色の選別、PET製以外の排除、ハサミによるラベルシールの除去を行った。ラベルシールを剥がすことは難しく、しげんポスト参加者でも完全な除去はできていない現状がある。卵パックはまだリサイクルのための進化は途上である。

また、卵パックをそのまま粉碎機に入れると軽さゆえに粉碎機の刃に噛みこまず浮いてしまうため、軍手をした手で軽く絞り圧縮した（図14）。



図14. ラベルシールを除去し、圧縮した卵パック

圧縮した卵パックを粉碎機で粉碎しフィルム状フレークを得た。フレーク寸法は、長辺約4~6mm 程度である（図15）。



図15. 卵パックを粉碎したフィルム状フレーク

### 3.3.2 フィルム状フレークの直接成形挙動の確認

得られたフィルム状フレークについて、まず射出成型機（図16）を用いて直接成形の可否を確認した。シリンダー温度250～260℃、手動による射出を行った。通常のPET系材料の条件を参考に設定した。その結果、射出自体は可能であったものの、成形後に瞬時に白濁が生じ、脆化する様子が確認された。一方で、射出直後に水冷を行った場合には、透明性を保持できることが分かった（図17）（図18）。



図16. 手動式射出成型機（株式会社オリジナルマインド：INARI M12）

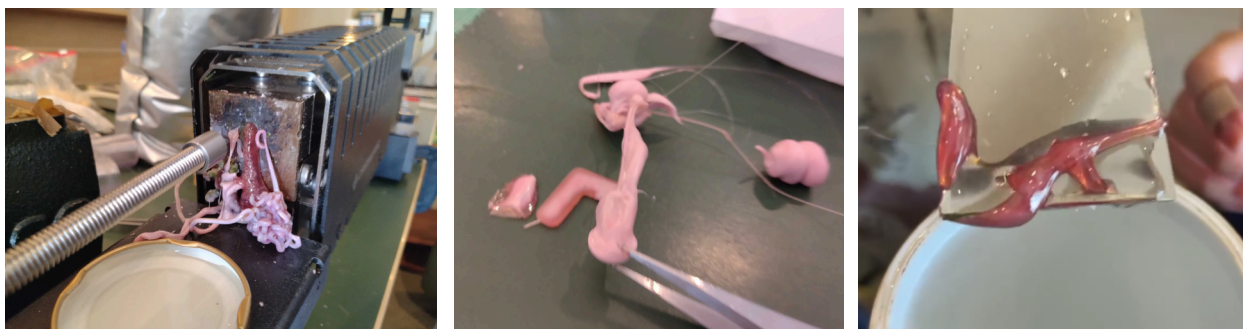


図17. 射出成型機での押出



図18. 押出物の比較

次に、同様のフィルム状フレークを大型ペレット式3Dプリンタ（株式会社エスラボ：GEM550D，4.2.1章で詳述）に直接投入し造形を試みた。フィルム状のフレークはホッパー（材料投入口）にスムーズに入って行かず、手動でかき混ぜる必要があった。ノズル温度が260℃以上で熔融することはわかったが、材料はサラサラの液状となって吐出され、造形は成立しなかった。吐出された液体はゆっくりと冷えるうちに白濁した。ノズル温度を下げるとノズル付近で固着して吐出されなくなった（図19）。



図19. サラサラの液状で吐出された卵パックとゆっくり冷却されたもの

この結果から、卵パック由来のA-PETフィルム状フレークは、急激な圧力の変化，冷却速度，熱履歴に対して結晶化挙動が敏感であり，外観特性に大きく影響する材料であることが示唆された。また，フィルム状フレークのままではスムーズな材料供給が難しく，形態を工夫する必要があることが示唆された。また，A-PETのみでの3Dプリントは難しく，リサイクル率は下がるが，バージンペレットの混合の検討が必要であると判断した。

### 3.3.3 フィルム状フレークとPETGペレット混合による直接造形手法

次に、フィルム状A-PETフレークと、3Dプリントで広く使われるPETGペレット（PETにグリコールを共重合して結晶化を抑制した材料）を混合し、混合比率を段階的に変更しながら押出挙動および造形性を評価した。

その結果、フィルム状A-PETフレークの混合率は概ね40%前後までであれば、熔融・吐出可能であることが分かった（図20）。



図20. A-PETフレークとPETGペレット混合物と造形物

ホッパー投入時にフレークのブリッジ（フレーク同士の引っ掛かりによる詰まり）を解消する物理補助（上下に動く棒）を併用することで、混合材料をそのまま大型ペレット式3Dプリンタで使用できる手法が成立した（図21）。この条件では、層間接着、造形安定性、材料ロスのおいずれにおいて良好な結果が得られた。しかし、ホッパー投入時の物理補助のあるプリンターでしか出力できない問題があった。

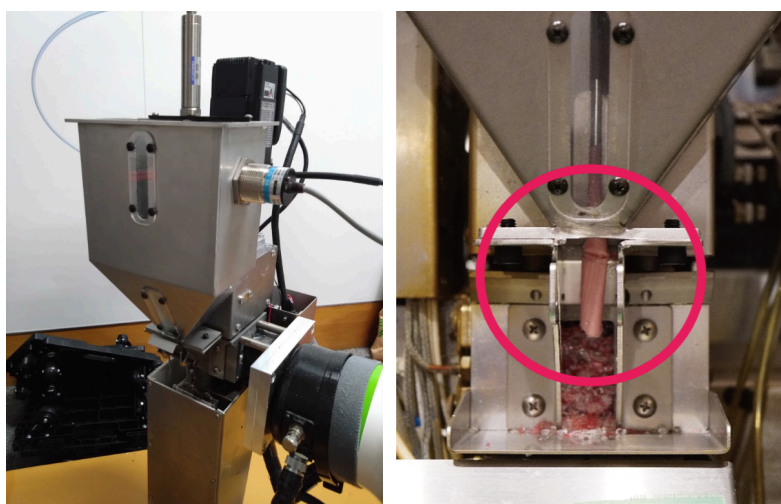


図21. ホッパー内のブリッジを解消する物理補助

### 3.3.4 押出機によるペレット化の試行

一般的にペレット化は、フィラメントのように線状に押し出してから3mm程度にカットして作成する。しかし、本材料では均一な線状に押し出せない為、渦状の固体を作成し、粉碎機で砕くことでペレットに近いものを作成できないか考えた。



図22. 2mmノズルの押出機で押出した渦状の塊と、粉碎して得られたペレット

2mmノズルの押出機で渦状の塊を複数作成し（図22左），粉碎機に投入した。粉碎後よく混ぜることで，材料の不均一性もある程度一定にでき，材料をほとんど無駄にすることなく，2～3mm粒状のペレット材料を得ることができた（図22右）。

ペレット式3Dプリンタで造形してみたところ，スムーズに材料供給がされ，安定的な造形が可能になった。

### 3.4 卵パックフレークの材料化方法の確立

回収した卵パックをなるべく無駄にせず，効率的に材料化する手法を以下の通り確立した（図23）。



図23. 卵パックフレーク材料化工程

2025年12月現在，月に200個の卵パックが集まり，重量にすると約3kgになる。これを40%配合したPETGペレット混合材料を作ると，毎月約7.5kgの卵パック由来材料を作成することができる。

## 第4章 卵パック由来材料に適した造形手法の確立

### 4.1 本章の目的

卵パック由来材料の造形中に、透明になる部分と不透明になる部分が混在していることに気づき、その発生条件を探るため造形を繰り返していた(図24)。その中で、3Dプリンタのスクリー回転数が透明不透明の外観の違いに影響しているのではないかと考えた。



図24. 透明不透明の発生条件を探るための造形

本章では、A-PET系材料を用いた3Dプリント造形において、造形プロセスの操作によって外観特性を設計する手法を明らかにすることを目的とする。

具体的には、ペレット式3Dプリンタにおけるスクリー回転数(rpm)に着目し、温度条件を一定に保った状態においても、回転数の違いによって透明および不透明といった外観の差異が造形中に生成されることを示す。

また、スクリー回転数が造形速度や押出量といった複数の操作パラメータによって間接的に制御される点を整理し、同一材料を用いた場合であっても、造形条件の設定によってプロダクトの見え方や質感を調整できることを示す。本章では、これらの実験結果をもとに、造形条件と外観特性の関係を整理し、3Dプリントを用いたプロダクトデザインにおける外観設計の可能性について論じる。

## 4.2 造形システムと操作パラメータ

### 4.2.1 使用したペレット式3Dプリンタ環境

本研究では、ペレット材料を直接供給可能なペレット式大型3Dプリンタ（株式会社エスラボ：GEM550D）を用いて造形を行った（図25）。本装置は、材料供給部（ホッパー）、溶融・搬送部（スクリュー）、ヒーター、ノズルから構成される。ホッパーに投入されたペレット材料はスクリュー部へ供給され、回転するスクリューによって搬送・加熱・溶融された後、ノズル先端から連続的に押し出され、積層造形が行われる。

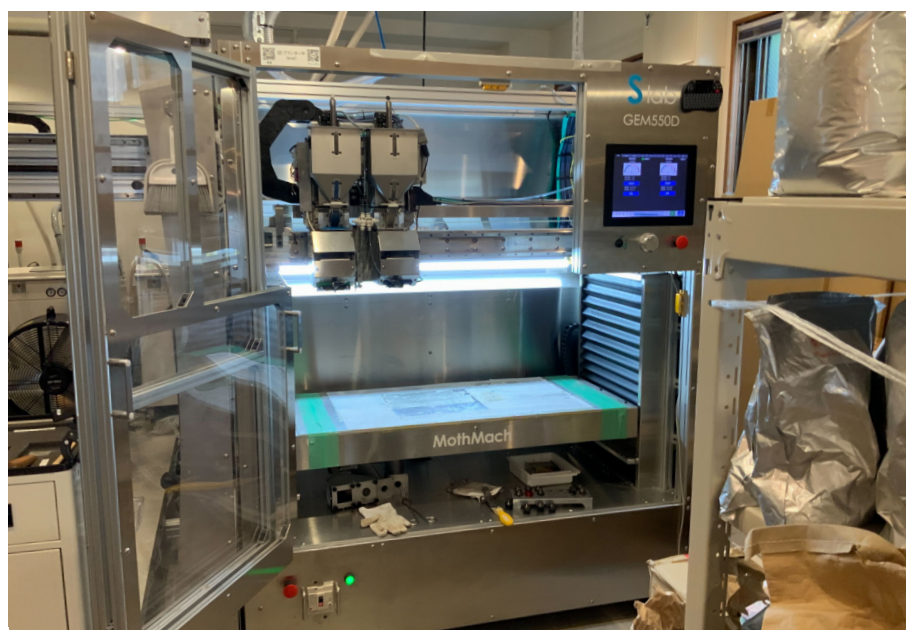


図25. ペレット式大型3Dプリンタ（株式会社エスラボ：GEM550D）

この方式は、押出機に近い原理を持ち、材料をフィラメント化する工程を経ずに造形可能である点に特徴がある。また、本装置は造形中に押出量および造形速度を操作でき、それらの設定に応じてスクリュー回転数 (rpm) が変化する。さらに、スクリュー部およびノズル部の温度を個別に制御でき、材料の溶融状態や流動条件を段階的に調整可能な構成となっている。

### 4.2.2 造形時の主要操作パラメータ

造形時の主要操作パラメータを表3に示す。本研究では、ノズル径および温度条件を固定した上で、造形速度および押出量を操作変数とし、それらの設定によって間接的に制御されるスクリュー回転数 (rpm) を主要な支配変数として位置づけた。

表3. 造形時の主要操作パラメータ一覧

項目	設定内容	操作・調整方法
ノズル太さ	2.0mm	固定
スクリュー/ノズル温度	スクリューからノズルまで縦方向に4か所ヒーター温度設定可能	ヒーター4か所を個別設定
造形速度	1440mm/分をデフォルトとしてG-codeを作成	デフォルトを100%として1%刻みで調整可能
押出量	射出幅2.4mmをデフォルトとしてG-codeを作成	デフォルトを100%として0.1%刻みで調整可能
スクリュー回転数 (rpm)	直接指定不可	造形速度・押出量の設定により間接制御

### 4.2.3 操作変数と支配変数の整理

ペレット式 3D プリンタにおける押出量は、スクリューの回転運動によって支配される。スクリュー回転数 (rpm) は、単位時間あたりに搬送・熔融される材料量を規定する一次的な要因であり、結果としてノズル先端からの押出量を決定する[19]。一方、造形速度は、押出された熔融樹脂が空間上にどの程度の線密度で配置されるかを左右するパラメータであり、押出量と組み合わせることで押出幅や積層厚に影響を与える。

本研究では、スクリュー回転数 (rpm) を主要な支配変数として位置づける。回転数は、材料供給量、スクリュー内でのせん断速度、および材料の滞留時間を同時に規定する複合的な変数であり、材料の熔融状態や内部構造、さらには造形後の外観に直接的な影響を及ぼす。特に、ペレット式 3D プリンタでは、材料が一度フィラメントとして均質化される工程を経ないため、スクリュー内で生じる熱およびせん断履歴の影響が造形結果に強く反映される。

以上より、本研究では造形速度や押出量そのものを主要な評価軸とするのではなく、それらの操作によって帰結するスクリュー回転数を主要な変数として設定し、回転数の違いが造形物の外観特性に与える影響を検討した。

## 4.3 造形に用いる材料

### • 実験に用いた材料の履歴

卵パック由来のリサイクル材料 (A-PET+PETG) であり、以下のリサイクル工程を経ている。

粉碎→PETGペレット混合→押出 (260℃ 熔融) →再粉碎→乾燥 (80℃ 乾燥)

## • 再成形材料の特徴

小規模設備での効率化の観点から、通常の工業用ペレットの製造方法とは異なる方法で作られた材料であるため、ペレットの粒形及び形状にばらつきがある。しかし、本研究で用いるペレット式3Dプリンタでは問題なく造形可能である。

また、卵パック由来リサイクル材料は、A-PET を再溶融した熱履歴を有するため、材料内部において非晶質相を主体としつつ、溶融・冷却条件に依存した部分的な結晶化が生じている可能性がある。このような非晶質相と結晶質相の共存、ならびにその分布の不均一性は、材料の光学特性や溶融挙動に影響を及ぼし、造形条件によって透明性や外観に差異として現れる[20][21]。本研究では、これらを再生材料に固有の再溶融履歴に起因する内部構造の不均一性として位置づけ、造形挙動を解釈する前提条件とする。

## 4.4 回転数制御による外観特性の変化に関する造形実験

卵パック由来 A-PET 系リサイクル材料を用いた造形において、スクリー回転数が造形物の外観特性、特に透明性および不透明性に与える影響を検証する。材料の溶融状態を十分に確保した上で、他の要因を可能な限り固定し、回転数の変化が外観に及ぼす寄与を明確化することを目的とした。

### 4.4.1 温度条件の設定

本実験では、材料の未溶融や吐出不安定による影響を排除するため、スクリーからノズルに至るまでの温度を高め設定し、材料が十分に溶融した状態で造形を行った。温度条件は、スクリー部を 220℃、245℃、265℃ の三段階とし、ノズル温度を 275℃ に設定した。これにより、温度差による結晶化や白濁の影響ではなく、造形プロセス上の操作変数による外観変化を観察できる条件を整えた。

### 4.4.2 実験条件および操作変数

造形実験では、スクリー回転数、押出量、造形速度の組み合わせを変化させ、以下の四条件を設定した。いずれも同一形状のテストモデルを用い、温度条件はすべて共通とした。

- 条件① 回転数 1.79 rpm, 造形速度 30%, 押出量 80%
- 条件② 回転数 5.95 rpm, 造形速度 100%, 押出量 80%
- 条件③ 回転数 1.79 rpm, 造形速度 100%, 押出量 23.9%
- 条件④ 回転数 5.95 rpm, 造形速度 30%, 押出量 266%

条件①と②は、押出量を固定したまま造形速度のみを変化させた比較である。条件③および④では、造形速度とスクリー回転数が①②と揃う条件の押出量を設定した。

### 4.4.3 実験結果

表4. 実験結果

条件	スクリー回転数 (rpm)	造形速度 (%)	押出量 (%)	外観結果
①	1.79	30	80	透明
②	5.95	100	80	不透明
③	1.79	100	23.9	透明
④	5.95	30	266	不透明

表4の通り、条件①では、造形物は高い透明性を示した（図26左）。一方、条件②では、材料は白濁し、不透明な外観となった（図26右）。両条件は押出量が同一であるため、この外観差は造形速度、またはスクリー回転数の違いによって生じたものと考えられる。

条件③では透明な造形物が得られ、条件④では不透明な造形物が得られた。条件④は条件①と造形速度が同一であり、条件③は条件②と造形速度が同一である。しかし、それぞれの組み合わせは外観結果が異なるため、造形速度は外観差に直接関係しないことが示された。



図26. 左、条件①の造形物 右、条件②の造形物

### 4.4.4 考察

以上の結果から、本材料においては、スクリー回転数が造形物の外観特性を左右する主要な支配変数であることが示された。A-PETは非晶質材料であるが、再溶融・再加工の履歴を持つリサイクル材料では、冷却条件や流動条件によって微視的な構造揺らぎが生じる可能性がある[21]。低回転数条件では、材料のせん断履歴が比較的穏やかであり、溶融後の分子配向や微視的構造の乱れが抑制され、透明性が維持されやすいと考えられる[19]。一方、高回転数条件では、スクリー内でのせん断が増大し、材料内部の構造不均一や光散乱要因が増加することで、不透明化が生じた可能性がある[19]。

特筆すべき点として、透明・不透明という外観の差異は、材料の条件や温度条件の変更によらず、回転数を介して造形中に生成可能であった（図27）。また、回転数は造形速度および押出量という異なる操作変数の組み合わせから制御可能であり、単一のパラメータ設定

に依存しない柔軟な外観設計が可能であることが示唆された。

本結果は、卵パック由来リサイクル材料を、単なる「材料特性に依存する素材」として扱うのではなく、造形プロセスの操作によって外観特性を設計可能な材料として位置づける根拠となる。この知見は、後続章における造形表現およびプロダクト設計への応用に接続される。

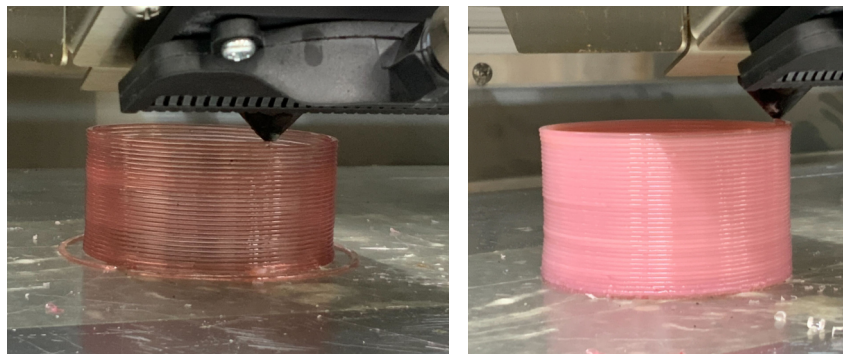


図27. 同一の卵パック由来材料での造形の様子

## 4.5 回転数変調による外観の制御

### 4.5.1 連続的回転数変調によるグラデーション表現

連続的回転数変調によるグラデーション表現を検証するため、前節の造形実験と同一の円柱モデルを用い、造形途中で造形速度を緩やかに上昇させる操作を行った。本システムでは、造形速度の変更に伴ってスクリュウ回転数が連動して変化するため、造形速度の操作は回転数の連続的変調として造形結果に反映される。

造形速度を低速域から段階的に上昇させた場合、回転数がおおよそ 1.00~2.50 rpm の範囲では高い透明性を維持した造形が確認された。この領域では、材料内部の白濁はほとんど観察されず、光の透過性が高い状態で積層が進行する。さらに回転数が 2.50~4.50 rpm に達すると、造形物は透明と不透明の中間的な外観を示し、半透明状態へと移行した。この変化は急激な切り替わりではなく、高さ方向に沿って徐々に進行し、視覚的には連続的な濃淡の変化として認識される。一方、回転数が 4.50 rpm を超える高回転数域では、内部の白濁が顕著となり、不透明な外観を示す造形結果が得られた。

このように、回転数の上昇に伴って透明、半透明、不透明という外観状態が連続的に変化することから、造形途中で回転数を緩やかに変調することで、材料の外観特性を高さ方向のグラデーションとして表現できることが確認された（図28）。

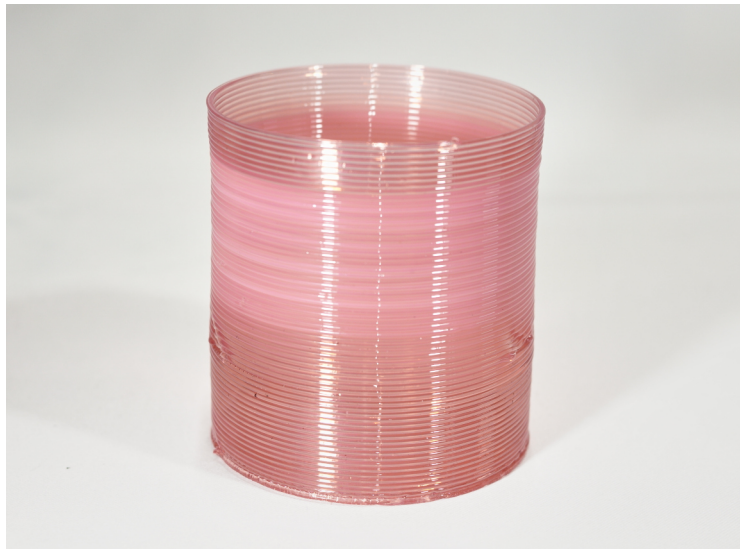


図28. スクリュー回転数調整によるグラデーション表現

また、高回転数域まで造形速度を上げて不透明状態を形成した後、再度造形速度を低下させた場合、回転数の低下に応じて外観は再び半透明、透明へと移行することが観察された(図)。すなわち、本材料および造形条件において、透明・不透明の外観変化は一方向的な不可逆変化ではなく、造形プロセス中の回転数操作によって可逆的に制御可能であることが示された。この結果は、材料組成を変更することなく、造形中の操作条件のみで外観状態を往復的に設計できる可能性を示唆している。

#### 4.5.2 G-code による回転数制御の自動化とグラデーション造形への展望

本研究では、スクリュー回転数の変化が、同一材料であっても透明性（透明・半透明・不透明）という外観差として顕在化しうることを確認した。この知見は、回転数を造形中に手動で切り替える操作に留まらず、造形データ側から連続的に制御することで、外観を自動生成する造形手法へと拡張できる可能性を示す。具体的には、G-code（3Dプリンタの制御プログラム）上で造形速度を層ごと、あるいはパスごとに変調し、それに応じて押出量を変化させることで、単一材料のまま透明性の勾配を意図的に形成できると考えられる。

ペレット式 3D プリンタでは、造形速度や押出量の変更が結果としてスクリュー回転数に影響し、外観に差異を生む操作変数として機能する。したがって、速度値を一定の関数で連続変化させる G-code を設計すれば、造形物の高さ方向や周方向に沿って透明から不透明へと滑らかに遷移するグラデーション表現を、自動的かつ再現性をもって生成できる可能性がある。

## 第5章 マチモノの制作

### 5.1 本章の目的

本章では、前章までに開発・検証してきた卵パック由来リサイクル材料を用い、公共空間「マチ」に設置する「モノ」のデザインと実装を行った実践について記述する。

本研究は、材料開発そのものを目的とするのではなく、素材の出自が可視化され、市民との関係性の中で循環が実感される状態をつくることを重視している。そのため本章では、材料特性に基づく造形条件の検討に加え、ブランドコンセプトの設定、プロダクトとしての形態選択、設置環境との関係を総合的に扱う。

### 5.2 卵パック由来材料の特性とデザインへの影響

卵パック由来材料は、主に A-PET を原料とする透明～不透明の表情が出せる再生材料であり、以下のような特性を有する。

- ・無色透明及びピンク色という限定的なカラー
- ・非晶質由来の光透過性、条件によって出せる不透明との揺らぎの表情
- ・ペレット式大型3Dプリンタによる積層痕

これらの特性は、従来の量産プロダクトの価値基準（均一性、完成度、欠点の不可視化）とは必ずしも一致しない。一方で、素材の来歴や再加工の痕跡を可視的に残すことが価値となる公共空間のモノにおいては、これらの特性は積極的に活かしうる要素であると考えた。

### 5.3 材料を起点としたブランドコンセプトの構築

本研究における「ブランド」とは、素材、プロセス、設置環境、市民との関係性を含めた意味のまとまりとして位置づけている。卵パック由来材料に関わるプロジェクト全体を「たまごころ」と名付けた（図29）。



図29. 「たまごころ」ロゴ

また、まちから集めた材料でまちに還していく取り組みのなかで、制作物の指針としてブランドコンセプトを立てた。

「たまごころは、卵を守ってきた卵パックから生まれた素材。  
いのちを包んだ記憶を受け継ぎ、まちをやさしく照らす存在へと生まれ変わる。  
湘南の夕焼けのようなやさしいピンクの光が日常の風景に静かに寄り添う。」

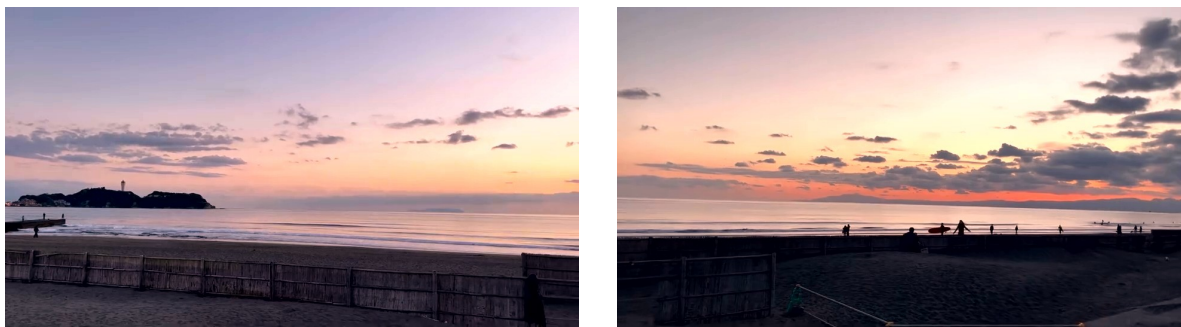


図30. 湘南の夕焼け

これを踏まえ、本研究で制作するモノは、卵パック由来材料がもつピンク色や半透明性を素材の由来や循環の背景を示す視覚的な手がかりとして捉え、地域の景観である湘南の夕焼けと関連付けて意図的に活用する（図30）。制作物は、市民が提供した資源の行き先を可視化する「循環の痕跡」として機能することを目指す。

また、これらのモノは生活動線の中に静かに存在することで、素材や取り組みへの関心を緩やかに喚起する存在である。「たまごころ」というブランドは、意匠やロゴにとどまらず、材料回収から造形、設置に至る一連のプロセスを貫く指針として位置づけられる。

#### 5.4 マチモノの形態と設計方針

本研究で設計対象としたマチモノは、駅構内や公共施設周辺といった、不特定多数の市民が日常的に行き交う空間への設置を想定しており、特定の利用者や用途に限定されたプロダクトではない。むしろ、都市環境の一部として継続的に視界に入る存在となることで、利用者の行動や印象に無意識的に影響を与えることを意図している。そのため、初めて接する利用者に対して、リサイクル材料であることや制作背景が即座に理解される必要はなく、まずは景観要素として自然に受容されることを重視した。

また、これらのマチモノは、リサイクル参加者の生活圏内にさりげなく存在し、参加の実感をひっそりと感じ取れる程度の距離感を保つことを意図している。同時に、素材の来歴を知らない人にとっても違和感なく機能し、鎌倉で暮らすすべての人のための環境要素として成立することを設計方針とした。以上の考え方を踏まえ、本研究では、異なる役割を持つ二種のマチモノを制作している。

#### 5.4.1 光る三角コーン



図31. 光る三角コーン



図32. 暗い道に設置した様子

戸建て世帯の多い鎌倉では、住宅前の駐車エリアや私道の入口に三角コーンが恒常的に設置されている光景を多く目にする。しかし、三角コーンは本来、工事現場などで一時的に使用される仮設的な備品であり、日常的な境界表示や景観との調和を前提としたプロダクトではない。こうした使用実態に着目し、三角コーンという形態を再解釈したマチモノとして「光る三角コーン」を制作した（図31）。卵パック由来のピンク色の再生材料を用い、その半透明性を活かして内部に発光要素を組み込むことで、昼間は景観に馴染み、夜間には足元を柔らかく照らす境界表示として機能する（図32）。

卵を守るために用いられてきた素材を、夜間の安全や歩行者の安心感を支える存在へと転換する点において、本プロダクトは「いのちを守るものに生まれ変わらせる」という卵パック由来材料のコンセプトを体現している。これにより資源循環によって生まれた素材をまちへ還元し、景観と安全性の両面からまちづくりに介入するマチモノとして位置づけられる。

## 5.4.2 卵型ランプシェード



図33. 卵型ランプシェード

卵型ランプシェードは、夜間においても子ども連れが安心して立ち寄ることのできる場所を可視化するサインとして設計したマチモノである（図33）。ランプにPETGで作成したかさを付け、そこに卵パック由来材料の卵型シェードを被せる構造で強度を担保し作成した（図34）。本プロダクトは、地域内の協力店舗に配布し、店先や軒下に吊るして使用されることを想定している。卵パック由来の半透明材料が発する柔らかな光は、夜間の街路において過度に主張することなく、安心感を伴った存在として認識される。



図34. 卵型ランプシェードの構造

このランプシェードを単なる照明器具としてではなく、「夜でも子どもを連れて入れる場所」であることを示す視覚的サインとして位置づけている。卵という形態が持つ保護やさしさのイメージと、卵を守るために使われてきた素材の文脈が重なり合うことで、直感的に意味が伝わることを意図している。さらに、地域内で複数の店舗に設置されることで、点在する協力店が光によって緩やかにつながり、夜間のまち歩きを支える環境が形成される。このように、卵型ランプシェードは、資源循環によって生まれた素材を媒介として、夜間の滞在行动や店舗利用のあり方に働きかけるプロダクトであり、ナイトタイムエコノミーの文脈において、まちづくりへと介入するマチモノとして提案する。

## 第6章 まちへの設置と記録

### 6.1 本章の目的

本章では、前章までに扱った卵型ランプシェードおよび三角コーンを、実際の都市環境に設置し、その運用過程および周囲の反応を記録した実践について報告する。

本研究における社会実験は、小規模かつ探索的なものであり、取得できたデータ数や観察期間には限りがある。そのため、本章では統計的な有意性の検証や一般化を目的とせず、「まちに設置された事実」と「その場で生じた出来事」を記録として整理することを主眼とする。これにより、卵パック由来材料を用いたマチモノが、都市空間の中でどのように存在し得たかを具体的な事例として示す。

### 6.2 しげんポスト前への設置と人の振る舞いの観察記録

#### 6.2.1 設置環境と目的

卵型ランプシェードおよび光る三角コーンは、卵パック回収拠点である鎌倉ラボ前のしげんポスト付近に設置した（図35）。本設置は、資源回収という行為が行われる日常的な場所に、回収資源から生まれた成果物を配置することで、回収とその先の行為が空間的に接続された状態をつくることを目的としている。光る三角コーンや卵型ランプシェードのほか、植木鉢や、プロジェクト概要を伝えるポスターの設置を行った。



図35. しげんポスト前への卵型ランプシェードと光る三角コーンの設置とポスター

## 6.2.2 定点カメラ映像から読み取れる行動

しげんポスト周辺には定点カメラを設置し、卵パックの投函行動および周辺の人動きを継続的に記録している。本節では、この定点カメラ映像から読み取れる行動特性について、マチモノ設置前後の比較を通じて整理する。

### ● マチモノ設置前の様子

マチモノ設置前の定点カメラ映像からは、しげんポストプロジェクトへの参加者が、おおよそ10代から70代の幅広い年齢層にわたっていることが確認された。老若男女が日常的に投函に参加している様子が記録されている（図36）。

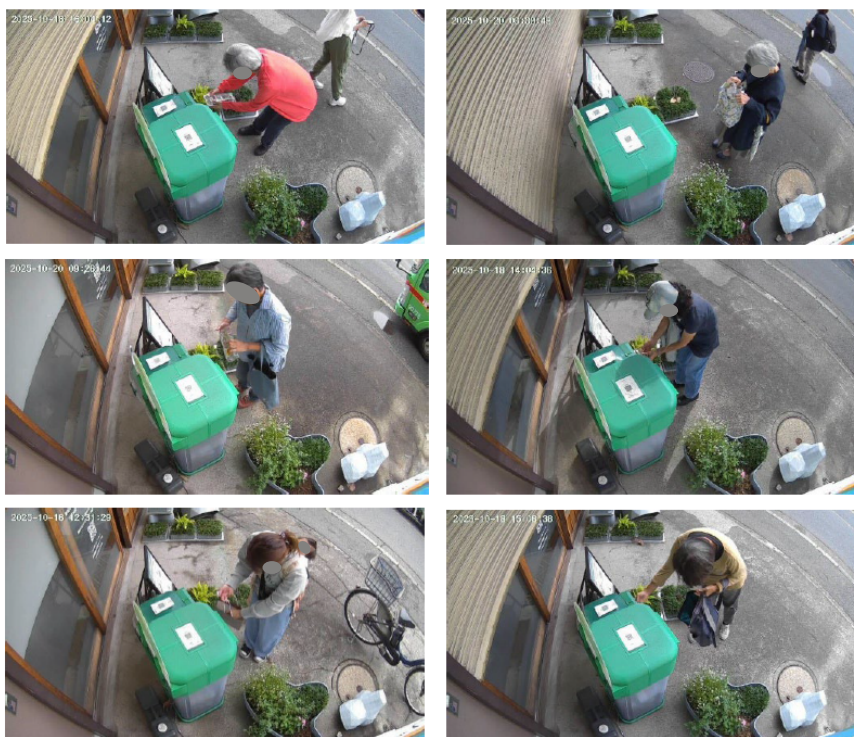


図36. 定点カメラ映像

投函行動は、徒歩で駅方向へ向かう途中に立ち寄るケースが最も多く、長期間にわたり習慣的に投函を行っていると思われる行動が確認された。そのほかにも、車で卵パックをまとめて持参して投函する人、自転車で来訪する人、ベビーカーを押しながら投函する人など、多様な生活動線に組み込まれた利用形態が見られた。

滞在時間は1分以内である場合がほとんどであり、多くの投函者は持参したトートバッグ等から卵パックを2~3個取り出して投函し、短時間で立ち去っていた。しげんポスト周辺は交通量の多い立地であるが、通行人が特に足を止めて注目する様子は少なく、素通りされる場面が大半であった。

また、観光客と思われる通行人がゴミ箱と誤認して近づく様子も確認されたが、しげんポストの特殊な投入口形状により、ペットボトルや缶などが投入できず持ち帰る行動が記録されており、投入口の工夫の効果が確認できた（図37）。

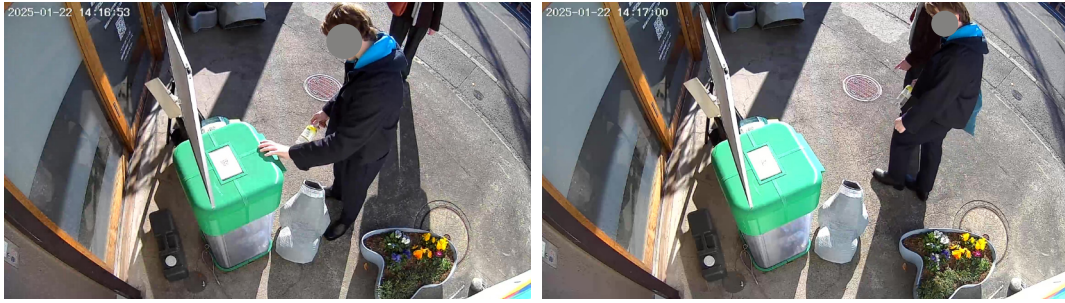


図37. ゴミ箱に誤認したが投入口に入らず持ち帰る様子

### • マチモノ設置後の様子

マチモノ設置後においても、既存の投函者による投函行動そのものに大きな変化は見られず、従来どおり日常的な利用が継続されていた。一方で、設置物に対して立ち止まり、じっくりと眺めたり、掲示されたポスターを読んだりする行動が新たに観察された。特に、設置物を撮影していく高校生の姿や、通行人が足を止めて近づき、うなずきながら時間をかけて鑑賞する様子が複数確認された。また、一緒に歩いていた同伴者に対してマチモノを指で差しながら話しかける行動や、友人を連れて再訪し、取り組みについて紹介する様子も映像から読み取ることができた。

これらの行動は、マチモノが単なる背景物としてではなく、通行人の注意を喚起し、行動の変化を促す存在として機能している可能性を示唆している。

### • まとめ

定点カメラ映像の分析から、しげんポストへの投函行動は、地域住民の日常動線の中に安定的に組み込まれていたことが明らかとなった。マチモノ設置後においても、投函行動自体は維持されつつ、設置物を介して通行人が立ち止まり、観察や会話、撮影といった付随的行動が新たに生じていることが確認された。

これらの結果は、マチモノが投函行動を阻害することなく、しげんポスト周辺における滞留や関心喚起を生み出し、取り組みの可視化や共有を促す装置として機能している可能性を示すものである。

## 6.2.3 現地観察を通じて確認された振る舞い

しげんポストおよびマチモノ設置場所において、三日間にわたる現地観察を実施した。観察期間中、現地に滞在し、投函行動を行った来訪者や、マチモノに関心を示した通行人のうち、対応可能であった数名に対して簡易的なインタビューを行い、本取り組みに対する所感や印象についてコメントを得た。本節では、これらのインタビュー内容に加え、定点カメラ映像では捉えきれない通行人の反応や、現地で生じた共創的な出来事について記述する。

## • インタビューから得られた意見

インタビューにおいては、まず、しげんポストプロジェクトの趣旨を理解した上で参加していることを示す発言が多く確認された。具体的には、「取り組みに共感して投函している」「環境に良いことをしたくて参加している」「研究を応援したくて投函している」といったコメントが得られ、本プロジェクトが単なる回収行為としてではなく、意図を伴った行動として受け止められていることが示唆された。

次に、生まれ変わったマチモノの実物に対する評価としては、視覚的・審美的側面に関する反応が多く見られた。「ピンク色が特徴的できれい」「綺麗な色に惹かれてポスターを読んだ」「卵パック由来だと知って驚いた」といった発言からは、素材由来の色彩が興味喚起のきっかけとして機能している様子がうかがえる。また、「販売されていたら欲しい」という意見に加え、「自分の物にならなくても、住むまちに彩りが増えるのは嬉しい」といった発言もあり、個人所有に限定されない公共的価値としてマチモノが受け取られていることが確認された。

さらに、リサイクル参加の実感や継続性に関する言及も多く得られた。「参加している意味を感じる」「普段は回収後の行き先を意識しないが、この取り組みは参加実感がある」といったコメントは、成果物の設置が、回収行為とその先の結果を結びつける役割を果たしていることを示している。加えて、「社会を良くすることに、ゴミ出しをするだけで参加できるのはお得だと感じる」といった発言からは、参加のハードルの低さと社会的貢献感が同時に成立している点を読み取れる。

これらの意見を総合すると、マチモノの設置は、資源回収の結果を可視化することで、参加者に対して理解・愛着・参加実感を段階的に喚起する装置として機能していると位置づけられる。これは、成果物が単なる展示物ではなく、地域内循環のプロセスそのものを体感的に伝える「可視化された帰結」として受け取られていることを示唆するものである。

## • 通行人観察で得られた反応

現地で直接観察された通行人の反応として、マチモノの前を通過する際に「おお……」と感心した様子を見せる人や、「かわいい」「きれい」といった感想を口にしながら歩いていく人が複数確認された。また、「これは何?」「アートなの?」と疑問を言葉にしながらか、掲示された説明を読み取ろうとする様子も見られた。これらの反応は、立ち止まって明確な行動に至らない場合であっても、視覚的な存在としてマチモノが通行人の認知に作用していることを示している。

## • 近隣店舗との共創が起こった出来事

設置期間中には、地域の店舗との関わりを通じた共創的な出来事も確認された。具体的には、マチモノ設置に用いていた三角コーンの重りについて、近隣の店舗である宮治商店（図38）の駐車場で破損し使用されなくなっていたものを譲り受ける機会があり、これにより設置の安定性が向上した（図39）。このやり取りの中で、店舗の関係者が本取り組みを既に認知しており、「何をやっているのかは知っていた」と言及したことが確認された。この出来事は、本プロジェクトが単独の研究・展示にとどまらず、周辺的生活環境や人々との関

係性の中で徐々に共有され、状況に応じた協力が生まれうることを示す具体的な事例である。



図38. 鎌倉ラボ近隣の近隣の店舗である宮治商店との位置関係

(地図データ©Googleより引用)



図39. 近隣店舗の破損した三角コーンのおもりを譲ってもらう

## • まとめ

以上の現地観察から、マチモノの設置は、投函行動そのものだけでなく、通行人の感情的反応や問いの喚起、さらには周辺主体との緩やかな協働を引き起こす契機として機能していることが確認された。これらは、数値化や映像記録のみでは把握しにくい、地域内循環を扱う実践研究において重要な質的側面であると位置づけられる。

## 6.4 湘南モノレール湘南江の島駅での展示記録

### 6.4.1 展示概要

卵型ランプシェードは、鎌倉市民の主要な交通手段である湘南モノレールの終点駅である湘南江の島駅構内に展示された。本展示は、日常的に多くの利用者が通過する空間において、卵パック由来材料による照明がどのように受け取られるかを観察する試みである。卵型ランプシェードを夕焼けの見える窓の前のスペース（図40）に6個吊るす形で設置した。夕方15時から終電まで点灯し、12月下旬から1月上旬までの3週間展示を行った。ランプシェードの他、卵パック由来材料を用いたスタンドでプロジェクト概要を伝えるポスターを設置した（図41）。

透明不透明の揺らぎによる夕焼けのような表情と、実際の湘南の夕焼けが重なる展示にすることで、まちに還ってきたモノであることを伝えるとともに、幻想的な空間を演出している。



図40. 湘南モノレールに提供いただいたスペースと展示イメージ図



図41. 湘南モノレール湘南江の島駅での卵パックランプシェード展示

今回、公共空間に3週間展示することを考慮し、事前に長時間点灯による発熱や落下のテストを行い、展示に耐えうると判断してから展示を行った（図42）。

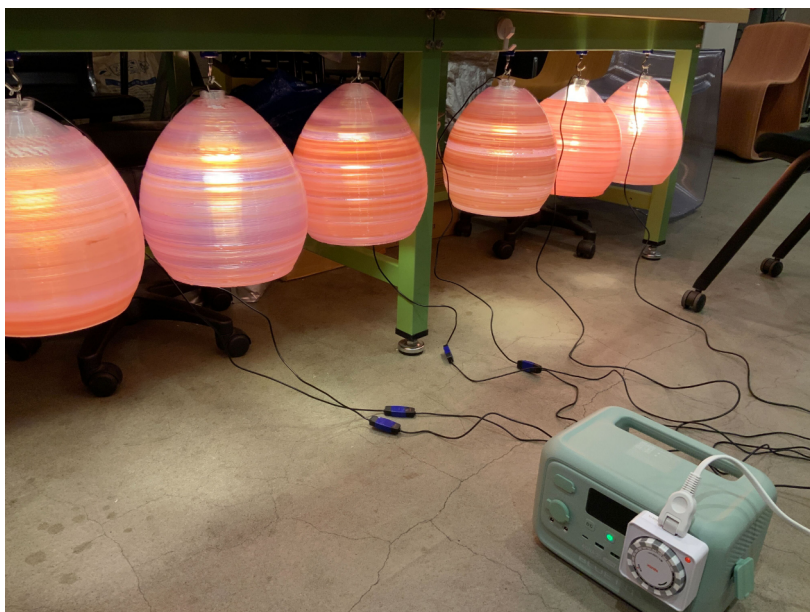


図42. 長時間点灯のテスト

#### 6.4.2 関係者へのヒアリング

展示期間終了後、湘南モノレール関係者へのヒアリングを実施し、設置に対する評価や運用上の課題について意見を得た。これらの内容は、評価指標としてではなく、公共空間への設置を行った際の実務的知見として整理する。

本展示の設置場所はホーム内ではなく、最終駅の入口付近であり、観光客の利用が比較的多いエリアであった。この点について関係者からは、人通りが多く、窓越しに外部からも光が視認される立地であったことから、視覚的な訴求力が高い展示であったとの認識が示された。特に夜間には、照明の光が夜景や駅周辺の雰囲気と重なり、立ち止まって鑑賞したり、写真を撮影したりする利用者の様子が見られたことが印象に残っていると述べられている（図43）。



図43. 夜間の卵型ランプシェード

一方で、今回の展示場所が観光客の多い最終駅であったことに加え、ホームから離れた位置であったことから、日常的に資源提供を行っている市民との接触という点では限定的であったとの振り返りも示された。そのため今後は、観光利用が中心の駅だけでなく、より生

活圏に近く、日常的に利用されている他の駅にも設置を広げることで、市民が日常の移動の中で成果物に触れる機会を増やしていくことが望ましいとの認識が共有された。主な利用者層である、鎌倉・藤沢市民の方々は、リサイクル意識が高く、他地域より熱心に取り組まれているにもかかわらず、その自覚が薄い傾向があるとのことで、本展示にて成果の周知ができたことはとても意義あることであると述べられている。

駅業務の観点からは、本展示が利用者の通行を妨げない形で設置されていたことが最も重要な点として挙げられた（図44）。案内、安全、清掃といった通常業務に大きな支障はなく、公共交通施設における展示として、運用上の問題は生じていなかったと認識されている。公共空間における展示では、動線への影響を最小限に抑える配置計画が不可欠であることが改めて確認された。

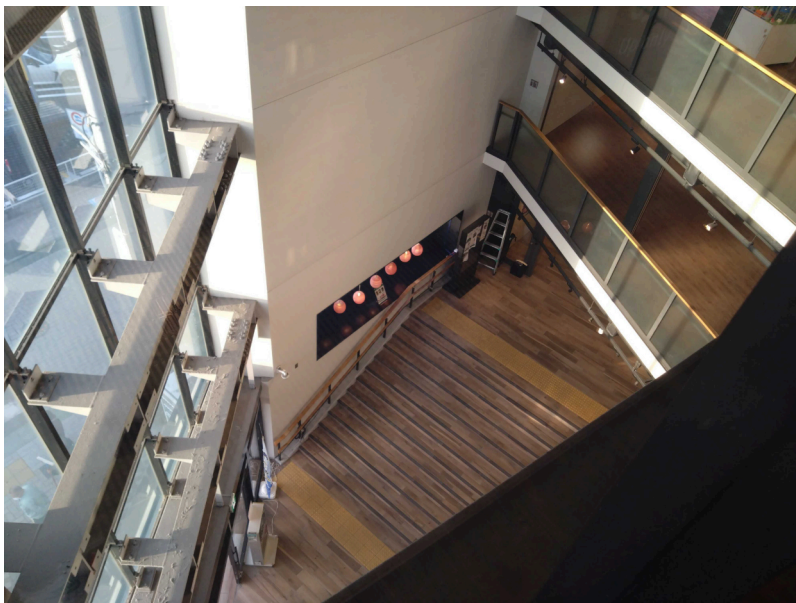


図44. 駅構内の遠くから見た展示の様子

素材および形態については、卵パック由来の再生材料であること、ならびに照明という形式が、湘南江の島駅の空間構造や雰囲気と調和していた点が高く評価されていた。展示点数や範囲、期間を拡張することで、素材の背景や取り組みの意図が、より多くの利用者に伝わる可能性があることも指摘されている。また、完成品の展示に加えて、製作プロセスや実物サンプルを併せて提示することで、リサイクルからアップサイクルへの転換がより具体的に理解されたとの見解が示された。

さらに、公共交通事業者の立場からは、本展示のようにリサイクルの取り組みが「成果」として空間に表出されることにより、駅利用者に対して環境配慮への意識を喚起できる点が期待されていた。具体的には、ごみのポイ捨ての抑制や、駅利用マナーの向上といった行動面への波及効果が見込まれており、展示が啓発的な役割を果たしうるとの認識が示されている。

アップサイクルによって生まれた製品を通じて、リサイクルの成果や価値を可視化する取り組みは、公共交通施設との親和性が高いと捉えられている。今回の展示は、リサイクル素材が上質なプロダクトへと転換されうることが気軽に示す機会であると同時に、事業者がこうした取り組みに協力している姿勢を利用者に伝える場としても有効であったと位置づけられる。

## 6.5 しげんポストの継続的運用における市民認知と参加意識の変化

しげんポストは、本研究以前である2022年7月から約3年間にわたり継続して運用されてきた地域実践である[26]。当時は、回収された資源を用いて「おかえり遊具」を制作し、まちに設置する取り組みが行われており、資源提供者に対しては完成後に報告を行う形式が採られていた[24]。

2023年5月に実施された初期アンケートでは、複数回資源を投函した参加者が多く、約8割が「その資源によって何が作られるのか」を気にしていたことが示されている。この結果から、当時の段階においても、市民は単なる回収行為としてではなく、資源の行き先や変換後の姿に関心を向けていたことが分かる。

一方で、当時のしげんポストプロジェクトは、最終的な成果物が比較的明確に共有されていた事例と位置づけられる。アンケートでは、「最初から何が作られるかが分かっていた方が動機づけになるか」という問いに対し、過半数が肯定的に回答したものの、一定数の否定的あるいは中立的な回答も見られた。この結果は、明確なゴール提示が必ずしも一義的に投函行動を促進するわけではないことを示しており、資源回収への参加動機が単純な目的提示だけでは説明できない段階にあることを示唆している。

これに対し、本研究における現在の卵パック回収プロジェクトでは、最終的に何が作られるかは、「光る三角コーン」のイメージ図のみ提示した状態で運用が行われている。その中で、定点カメラ観察やインタビュー結果からは、参加者が成果物の存在を通じて、事後的に回収行為の意味や循環の実感を獲得している様子が確認された。これは、3年前の段階で見られた「何が作られるのかを知りたい」という関心が、今回の実践では「実際にまちに現れたものを見ることで理解し、納得する」というモノ起點の理解になっている。

この変化は、しげんポストという装置自体の認知が、単発の実験的プロジェクトから、地域に定着した回収拠点として成熟してきたこととも関係していると考えられる。初期段階では、成果物の明示や事後報告が参加の正当性を補強する役割を果たしていたのに対し、現在では、しげんポストの存在や継続的な運用そのものが信頼の基盤となり、市民は結果を逐一把握せずとも参加し続ける状態に移行しつつある。

以上を踏まえると、しげんポストを中心とした地域実践は、市民に対して資源回収の意味を一方向的に説明する段階から、成果物の出現や空間的配置を通じて、循環のプロセスを体感的に理解してもらおう段階へと進化してきたと位置づけられる。本研究の卵パック由来のマチモノは、こうした蓄積の上に成立しており、過去の実践で培われた関係性や認知の延長線上で、より日常的で持続的な地域内循環のあり方を示す試みであるといえる。

## 第7章 考察

### 7.1 本研究における地域内循環の成立条件の整理

本研究では、卵パックという特定のプラスチック資源を対象に、小規模・種類別回収から材料化、造形、公共空間への設置までを一連の循環として実践した。本節では、これまでの章で示してきた実践を総合し、本研究における地域内循環がどのような条件のもとで成立していたのかを整理する。

まず、卵パックという資源の特性が重要な前提条件であった。卵パックは家庭からの排出頻度が高く、汚れが比較的少ないうえ、主に A-PET という単一素材で構成されている。また、無色透明およびピンク色という限定された色相を持つことから、再生後の材料においても視覚的な一貫性を保ちやすく、審美性を伴った利用へと接続しやすい特性を有していた。これらの条件は、大規模リサイクルでは扱いにくかった卵パックを、小規模循環において取り扱いやすい資源として位置づける要因となった。

次に、回収および運用のスケール設定が挙げられる。本研究では、回収量や効率の最大化を目的とせず、地域内で扱い切れる範囲に循環を限定した。しげんポストによる種類別回収は、素材の来歴や状態を把握したまま取り扱うことを可能にし、材料品質の保持と運用負荷の抑制を両立させた。このような小規模性は、資源の物理的な移動距離を短縮するだけでなく、回収行為とその結果を市民が結びつけて認識できる距離感を生み出していた。

さらに、3Dプリント技術の採用も重要であった。3Dプリントは、小ロット・分散型製造に適しており、材料特性のばらつきや回収条件の違いをある程度許容できる。本研究で用いたペレット式3Dプリンタは、フィラメント化を経ずに再生材料を直接造形工程へ接続できる点で、小規模な地域内循環と親和性が高かった。これにより、材料の完全な均質化を前提としない運用が可能となり、地域内で回収された素材を地域内で利用する循環が現実的なものとして成立した。

以上の点から、本研究における地域内循環は、既存の大規模リサイクルを代替するものではなく、小規模であることを前提に、素材特性と人の関与を重ね合わせることで成立していたと整理できる。

### 7.2 回収行為を「参加」として捉え直す視点

第6章で示した設置の記録からは、卵パックの投函行為が、単なる廃棄や分別とは異なる意味を帯びていたことが読み取れる。本節では、これらの行動や発言を、「参加」という観点から再解釈する。

しげんポストへの投函は、法制度や行政ルールによって義務づけられた行為ではなく、市民が任意に選択する行動であった。インタビューにおいても、「取り組みに共感して投函している」「研究を応援したい」「環境に良いことをしたい」といった発言が多く確認されており、投函行為は目的意識や期待を伴った参加として位置づけられていた。

さらに、回収された資源から生まれたマチモノが公共空間に設置されることで、参加の意味は時間をおいて更新されていた。成果物を目にした参加者からは、「参加している実感がある」「自分の物でなくても、まちに還ってくるのが嬉しい」といった反応が得られており、個人所有を前提としない価値の受容が確認された。これは、成果物がリターンとして個別に配布されるのではなく、公共的に共有されることによって、参加の意味が個人から地域全体へと拡張されていることを示唆している。

このように、本研究における回収行為は、物質的には資源提供でありながら、社会的には未来のまちへの期待を表明する参加行為として機能していたと捉えることができる。

### 7.3 地域文脈を内包したマチモノによるランドスケープの再編

本研究におけるマチモノの設置は、資源循環システムの可視化や市民参加の促進にとどまらず、地域の景観を公共的に共有されるランドスケープとして再編する試みとしても見ることができる。卵パック由来の半透明素材の文脈や、湘南の夕焼けを想起させる色調といった表現は、特定の象徴やロゴとして地域性を固定化するものではなく、日常的な風景の中に既に存在していた地域的特徴を、別の感覚的レイヤーとして立ち上げる役割を果たしていると捉えられる。

このようなマチモノは、明確な意味付けを過度に与えない「解釈の余白」を内包している点に特徴がある。市民は、それが卵パック由来のリサイクル素材であることを知る前段階においても、まず景観の一部としてそれを受け取り、その後に素材の来歴や循環のプロセスを重ね合わせることが可能である。この階層的な理解の構造は、参加者自身が慣れ親しんだ海岸風景や夕焼けといった地域のランドスケープを再発見する契機となり、結果として地域への愛着や関与意識を穏やかに強化する。

資源循環の成果物であると同時に、マチモノを通して多面的に地域を捉えなおし、地域への愛着を育むランドスケープデザインとして機能していると考えられる。地域内循環の取り組みに新たな価値層を付与するものであると考えられる。

### 7.3 資源クラウドファンディングという概念の提唱

#### 7.3.1 金銭を介さない参加の構造

一般的なクラウドファンディングは、金銭を媒介として、将来実現されるプロジェクトや成果物への期待を集める仕組みである。これに対し、本研究で観察された構造では、市民は金銭ではなく、日常生活の中で排出される資源を提供している。

卵パックは、本来であれば廃棄される存在であるが、しげんポストへの投函を通じて、未来の地域環境や公共的価値への期待を託す媒介となっていた。この点において、本研究の実践は、資源を通じて参加を成立させる構造を部分的に示しているといえる。

#### 7.3.2 資源クラウドファンディングの定義

以上を踏まえ、本研究では「資源クラウドファンディング」という考え方を、以下のよ

うに位置づける。

資源クラウドファンディングとは、市民が日常生活の中で排出する資源を、未来の地域環境や公共的価値への期待として提供し、その資源を材料や成果物として回収した地域に還元することで、参加と循環を成立させようとする考え方である。

### 7.3.3 循環量設計とストックレス運用の重要性

本研究で提唱する資源クラウドファンディングにおいては、資源を特定のプロダクトに固定して循環させるのではなく、地域内で扱える循環量をあらかじめ設計し、その範囲内で成果物の種類や規模を柔軟に更新していくことを基本的な考え方とする。本研究の実践では、しげんポストを通じて、月あたり約200個、重量にして約3kgの卵パックが継続的に回収されることを前提条件とした。これらをPETGと混合して材料化することで、月あたり約7.5kg、年間では約90kgの3Dプリント用材料が得られる計算となる（図45）

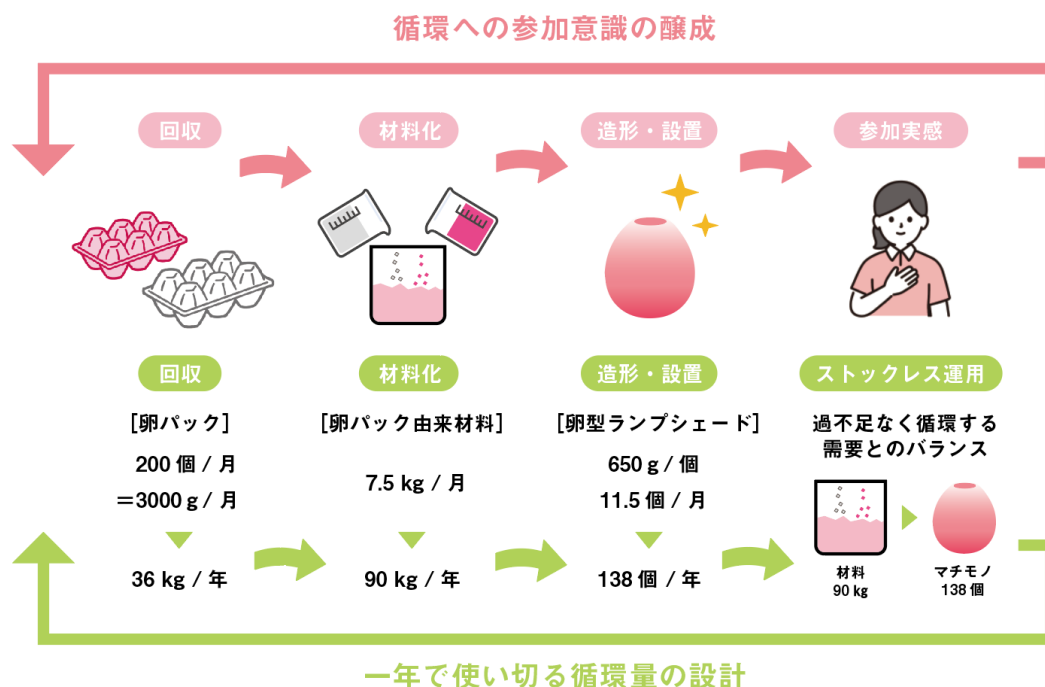


図45. 資源クラウドファンディングにおける循環量設計の概念図

本研究では、この年間約90kgの材料を翌年に持ち越さず、使い切ることを循環設計の基本方針とした。すなわち、資源をストックとして蓄積するのではなく、回収量と制作量を対応づけ、時間的に閉じた循環を毎年完結させるストックレス運用を重視している。この考え方は、材料劣化や保管コストといった実務的課題を抑えると同時に、市民から提供された資源が確実に地域内で使われるという循環の可視性を高める効果を持つ。

循環量の具体的なイメージを共有するための一例として、本研究では卵型ランプシェードを制作した。同プロダクトは1個あたり約650gであり、月あたり約7.5kgの材料が得られる条件では、概ね月10～12個程度の制作が可能である。しかし、これはあくまで循環量を具体化するための一例であり、本研究の目的は特定のプロダクトを量産することではない。今後

は、設置環境や公共空間の要請に応じて、より大型のマチモノや異なる機能を持つ成果物へと展開し、年間約90kgという循環量を単位として、素材を無理なく使い切る構成を目指す。

このように、資源クラウドファンディングは、回収量を起点に材料量を設計し、さらに成果物の種類やスケールを調整することで、循環全体のバランスを保つ枠組みである。循環の持続性は、回収量の拡大ではなく、回収、材料化、制作、設置が過不足なく接続されているかによって規定される点に、本研究の重要な示唆がある。リサイクルの効果としてはごく微量なものになるが、市民のリサイクル参加実感の醸成、次のリサイクルへの意欲向上、まちへの愛着を育むという視点から、小規模回収が担う役割として重要であると考えられる。

## 7.4 継続性と資金回収に関する課題

一方で、本研究で行った取り組みは、現時点ではリサイクルにかかるコストを回収できず、継続的な運用が困難であるという実情を抱えている。卵パックの回収、前処理、材料化、造形、設置には、人手および設備稼働に伴うコストが発生しており、これらは現状では研究活動や関係者の負担によって支えられている。

この点は、資源クラウドファンディングという考え方の限界を示すものでもある。資源提供のみでは、循環の社会的意味や参加実感は生まれうる一方で、経済的持続性を担保することは難しい。そのため、今後は通常のクラウドファンディングと組み合わせる必要があると考えられる。

具体的には、制作したマチモノを行政や公共団体に販売・導入してもらおうといった方法、また、まち全体をショールームと捉え、回収した資源のうち一部を観光客向けのお土産（観光資源）として販売する方法、また、取り組みへの寄付を募る方法が検討対象となる。これらは、資源を起点とした参加の構造に、金銭的な支援を重ね合わせる試みであり、資源クラウドファンディングの考え方を拡張する方向性として位置づけられる。

## 7.5 今後の展開に向けた考察

本研究で示した実践は、小規模な地域内循環を初期的に実現するものであった。資源クラウドファンディングは、市民参加や循環の可視化という点では有効に機能しうるが、経済的な持続性を確保するためには、金銭的支援や制度的枠組みとの接続が不可欠である。

今後は、資源提供と金銭的支援をどのように組み合わせるか、また、公共調達や行政施策の中にどのように位置づけうるかといった点を検討する必要がある。これらの課題は、第8章において今後の展望として整理する。

## 第8章 結論

---

### 8.1 本研究の総括

本研究は、家庭から高頻度に排出されるプラスチック製卵パックを題材に、小規模・種類別回収を起点とした地域内循環を、材料開発、造形手法、デザイン実践、社会実験によって初期的に実現した。特に、鎌倉市に設置された市民参加型回収BOX「しげんポスト」を基盤とし、回収された卵パック由来A-PETを3Dプリント材料として再資源化し、公共空間へ還元する一連の循環を実践的に構築した点に本研究の特徴がある。

第3章および第4章では、卵パック由来A-PETという非晶質材料が、再溶融・再加工の履歴を有するリサイクル材料として、造形条件に応じて透明から不透明まで外観特性を変化させることを示した。特に、ペレット式3Dプリンタにおけるスクリー回転数を主要な支配変数として位置づけ、温度条件を一定に保った状態でも、回転数の制御によって外観を設計可能であることを明らかにした点は、本研究における技術的成果である。これにより、材料組成の変更に依存せず、造形プロセスの操作によって意匠性を獲得するという、リサイクル材料の新たな扱い方を提示した。

第5章および第6章では、こうした材料特性と造形手法を踏まえ、公共空間に設置される「マチモノ」の制作および運用を行った。光る三角コーンや卵型ランプシェードといった成果物は、素材の来歴や審美性を前面に押し出すのではなく、日常の都市風景の中に自然に存在することを意図して設計された。その結果、投函行動を阻害することなく、通行人の立ち止まりや会話、関心喚起といった新たな振る舞いが観察された。

これらの実践を通じて、本研究は、小規模・地域内循環が、大規模リサイクルを代替するものではなく、素材の質的特性や人の関与を重ね合わせることで、リサイクル参加者が自分ごととして住まわりを変えている実感をもたらし、次のリサイクルへの意欲を高める補完的な循環であることを示したといえる。

### 8.2 学術的・実務的貢献

本研究の学術的貢献は、第一に、地域内循環を単なる資源フローとしてではなく、材料特性、造形プロセス、デザイン実践、市民参加を横断する実践研究として位置づけた点にある。サーキュラーエコノミーや地域デザイン研究においては、循環の理念や制度設計が論じられることが多い一方で、具体的な素材と加工プロセスに踏み込んだ実証的研究は限定的であった。本研究は、卵パックという具体的かつ身近な資源を通じて、小規模循環の成立条件とその限界を明示的に整理した点で、既存研究を補完する知見を提供している。

第二に、リサイクル材料を用いた3Dプリントに関する実務的知見の提示が挙げられる。特に、ペレット式3Dプリンタを用いた運用において、材料の完全な均質化を前提としない造形手法や、回転数制御による外観設計の可能性を示した点は、リサイクル材料を扱う現場において応用可能性の高い知見である。これらは、高度な物性評価を伴わずとも、実制作の文脈で有効な判断軸を提供するものである。

実務的貢献としては、しげんポストを起点とした回収から成果物の公共空間設置までを一連のプロセスとして設計し、実際に運用した点が挙げられる。これは、市民参加型資源回収を、単なる回収行為にとどめず、成果物をまちに還す「循環」として提示し、さらに市民の参加実感の醸成による意欲の「循環」も初期的に実現した実践事例であり、自治体や地域プロジェクトにおける今後の資源循環施策に対して示唆を与えるものである。

### 8.3 今後の展望

#### • 資源クラウドファンディングの持続性

今後の展望として、本研究で提唱した「資源クラウドファンディング」という考え方を、短期的な実験にとどめず、長期スパンで運用可能な枠組みとして整備していくことが挙げられる。本研究では、月あたりの回収量を基準として循環量を設計し、材料をストックとして蓄積せず、毎年使い切ることを前提としたストックレスで閉じた循環モデルを提示したが、今後はこの考え方を実運用の中で検証し、更新していく必要がある。

具体的には、地域内循環を成立させるための循環量を固定値として扱うのではなく、市民参加の状況、設置場所の増減、成果物の更新頻度などに応じて調整可能な設計単位として位置づけることが重要である。これにより、回収、材料化、制作、設置の各プロセスが過不足なく接続され、循環全体が滞留や過剰を生まない状態を維持できると考えられる。今後は、卵型ランプシェードに限らず、より大型のマチモノや異なる機能を持つ成果物へと展開し、地域の要請や環境に応じて、循環のかたち自体を変化させていくことが求められる。このような長期運用を通じて、資源の提供が一過性の参加に終わるのではなく、地域内循環を支える継続的な関与として定着することが期待される。資源クラウドファンディングは、資源を「集める」ための仕組みではなく、循環を「続ける」ための設計思想として、今後さらに検討を深めていく必要がある。

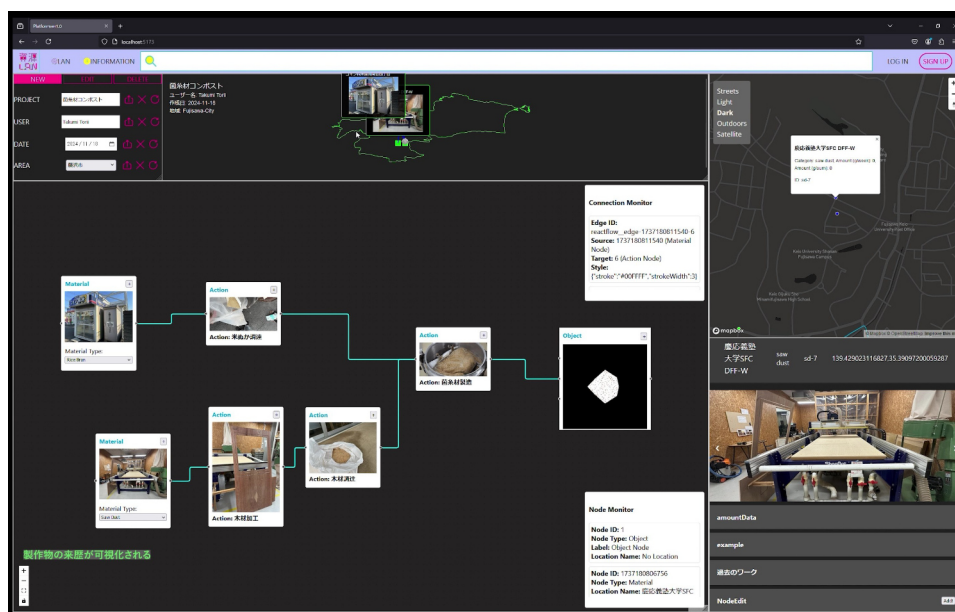


図46.資源LANプラットフォームの画面

これについて鳥居巧が開発した資源LANプラットフォームとの連携が効果的であると考えられる[25] (図46)。資源LANプラットフォームは、地域内で発生する地域由来の材料の量や頻度、回収拠点といった情報を蓄積・可視化できる点に特徴があり、本研究で得られた資源クラウドファンディングの回収データを入力することで、循環量の設定や見直しを実態に即して行うことが可能になると考えられる。回収量の変動や市民参加の状況を把握することで、循環モデルを固定的に扱うのではなく、状況に応じて調整する運用が可能となる。

また、同プラットフォームでは、資源の移動だけでなく、資源提供や回収への協力といった市民の行為を記録できるため、資源クラウドファンディングによって形成された関係性を循環設計に反映させることができる。今後は、これらのデータを活用し、成果物の規模や更新頻度を調整することで、地域内循環を継続的に維持する枠組みとしての発展が期待される。

### • 他地域への展開可能性

本研究は、中都市スケールを前提として循環の設計および運用を行っており、地域が異なれば、回収量の見込み、市民と資源回収との距離感、成果物の配置方法などを、それぞれの条件に応じて再検討する必要がある。また、本研究のフィールドである鎌倉市は、比較的市民の環境意識が高い地域であると指摘されており[23]、こうした地域特性を前提として循環が成立している点にも留意すべきである。そのため、今後は、中都市という共通スケールの中においても、地域ごとの社会的・文化的背景を踏まえた循環設計のあり方を検討していくことが重要な課題である。

### • 経済的持続性

本研究で明らかになったように、資源提供のみでは循環の社会的意味は生まれうる一方で、継続的な運用を支えるには不十分である。今後は、行政による導入、公共調達、寄付、販売といった金銭的循環とどのように組み合わせるかを検討する必要がある。この点において、資源クラウドファンディングは完成されたモデルではなく、今後の制度設計や実践によって更新されていく概念として位置づけられる。

以上より、本研究は、小規模な地域内循環の可能性と限界を同時に示しつつ、素材、プロセス、人の関与を統合的に扱う実践研究として、一つの到達点を提示したものである。卵パックという身近な素材を通じて得られた知見は、今後の地域内循環の設計や、資源と社会の関係を再考するための基盤となることが期待される。

## 謝辞

---

本研究を執筆するにあたり、たくさんの方々のご協力をいただきましたこと、ここに記して、感謝申し上げます。

田中浩也先生には、本研究を進めるにあたり、多角的なご示唆と専門的なご指導を賜るとともに、研究を実施するための充実した研究環境および設備をご提供いただきました。また、鎌倉地域の方々との貴重なつながりの機会や、修士ゼミにおける継続的かつ深い議論を通じて、本研究をここまで発展させることができました。心より感謝申し上げます。

石川初先生、鳴川肇先生には、レビュー授業や副査としてのフィードバックを通じて、的確なご指摘と示唆に富むコメントをいただき、本研究に新たな視点をもたらしていただきました。これらのご助言が、研究の発展につながりましたことに、心より感謝申し上げます。

湯浅亮平先生には、慶應義塾大学大学院への進学のかっかけとなる3Dプリンタとの出会い、ならびに田中研究室とのご縁をお繋ぎいただきました。また、材料開発における技術的な助言に加え、アップサイクルをいかに社会的に価値あるものとして成立させるかについて、多くの示唆に富む議論を重ねていただきました。心より感謝申し上げます。

荒井将来先生には、卵パッキリサイクル実験での知見の共有、機材の使用法ならびに研究へのご助言をいただきました。また、放電精密の高橋昭人さんには、プラスチック加工に関するプロフェッショナルの視点からアドバイスをいただきました。青木まゆみさん、山崎瑞子さんには、研究に関わる各種手続きにおいて大変お世話になりました。鎌倉ラボに関わる皆様に深く感謝申し上げます。

卵パッキの性質についての議論や機材を用いた実験および試行錯誤を共に行ってくれた河合慈英くん、リサイクル材料を用いたプロダクト案を数多く検討してくれた白石慶彦くん、修士ゼミにおける資源循環研究に関する議論をはじめ修士研究全般にわたり熱心な指導をしてくださった鳥居巧先輩、お互いの研究に多様な視点から意見を交わし、土日や深夜を問わず研究室に集まり、共に研究に取り組んだ同期の汪明靖くん、谷口朝洋くん、そして修士課程からの外部入学者である私をあたたく仲間として迎え入れてくださった田中研究室の皆さまに、心より感謝申し上げます。

湘南モノレールの石川育代様をはじめとする駅関係者の皆様には、展示空間のご提供をはじめ、設営および撤収のサポート、ならびに展示期間中の観察等において多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

卵パックの回収にご協力くださり、日頃より本研究を応援してくださっている鎌倉市民の皆様に、心より感謝申し上げます。本研究は、地域の皆様の継続的なご協力のもとに成り立っているものです。

日頃から私の興味関心に基づくさまざまな活動を常に応援し、研究展示の機会にも足を運び、体調を気にかけて精神的に支えてくれた、両親、弟、ならびにパートナーの富田恭平に、深く感謝いたします。

本研究は、筆者が慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科、リサイクリエーション慶應鎌倉ラボ在籍中に行った研究成果をまとめたものです。研究の遂行にあたり、充実した研究環境を利用させていただきましたことに、深く感謝申し上げます。本研究は、JST 共創の場形成支援プログラム（JPMJPF2111）の支援、並びに2025年度森泰吉郎記念研究振興基金「研究者育成費」の支援を受けて実施されました。多大なるご支援を賜りましたことに、心より感謝申し上げます。

2026年1月14日

矢田美涼

## 学会発表実績

---

1. 矢田美涼, 地域から回収した資源で独自ブレンド材料を開発しその性質を魅力的に伝える提案, Conference on 4D and Functional Fabrication 2024, 神奈川, 2024年10月, ポスター発表
2. 矢田美涼, 卵パック由来のペレット式3Dプリンタ用リサイクル材料開発と地域内循環への展開, Conference on 4D and Functional Fabrication 2025, 京都, 2025年10月, 口頭発表

## 参考文献

---

- [1] OECD. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. Paris: OECD Publishing, 2022. <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>.
- [2] Fujisawa City, Kanagawa Prefecture. "How to Dispose of Plastic Containers and Packaging." City of Fujisawa Official Website. Updated April 18, 2025. Accessed December 31, 2025. <https://www.city.fujisawa.kanagawa.jp/kankyo-j/kurashi/gomi/wakekata/dasikata/purayou.html>
- [3] Japan Containers and Packaging Recycling Association. "Recycling Trends for Plastic Containers and Packaging." JCPRA: The Containers and Packaging Recycling System. Last updated August 25, 2025. Accessed December 31, 2025. <https://www.jcpa.or.jp/law/goals/pla.html>
- [4] Ellen MacArthur Foundation. Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, November 2015. [https://ellenmacarthurfoundation.org/case\\_studies/](https://ellenmacarthurfoundation.org/case_studies/)
- [5] Ellen MacArthur Foundation. Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2021. <https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>.
- [6] Konietzko, Jan, Nancy Bocken, and Erik Jan Hultink. "A Tool to Analyze, Ideate and Develop Circular Innovation Ecosystems." Sustainability 12, no. 417 (2020): 1–52. <https://doi.org/10.3390/su12010417>.
- [7] Keio University Shonan Fujisawa Campus Research Institute. "COI-NEXT: Respect Connecting a Symbiotic Upcycle Society Co-Creation Hub." COI-NEXT Official Website. Accessed December 31, 2025. <https://coinext.sfc.keio.ac.jp/>
- [8] Shigen Post, "Shigen post," (2025). Available: <https://shigenpost.com/>
- [9] Kamakura City, Kanagawa Prefecture. "How to Dispose of Plastic Containers and Packaging." City of Kamakura Official Website. Updated December 1, 2025. Accessed December 31, 2025. <https://www.city.kamakura.kanagawa.jp/gomi/you-pura.html>
- [10] Kamakura City, "Youki housou plastic bunbetsu shite dashita ato, dou naru no? [What happens after separating plastic containers and packaging?]," Note (2025). Available: <https://kamakuracity.note.jp/n/n06d632f7e5f9>.
- [11] U-Coop Business Federation. "From Collection to Rebirth: How Used Egg Cartons Collected by U-Coop Home Delivery Are Recycled." U-Coop Official Website. December 28, 2010. Accessed December 31, 2025. [https://www.ucoop.or.jp/hiroba/report/archive/ucoop/kankyuu/u01/torikumi\\_7835.html](https://www.ucoop.or.jp/hiroba/report/archive/ucoop/kankyuu/u01/torikumi_7835.html)
- [12] Fujinoya Co., Ltd. "The Unsung Hero!?! The Hidden Commitment Behind Egg Cartons." Fujinoya Column. November 1, 2019. Accessed December 31, 2025. <https://www.fujinoyaweb.co.jp/column/1237>
- [13] Numatan (Kanikaka Diary). "Why Only Egg Cartons Are Not Collected: The Unexpected Circumstances Behind a Household Waste 'Exception'." Kanikaka Diary. July 6, 2025. Accessed December 31, 2025. <https://www.kani-kakakae.com/egg-pack-recycle/12459/>

- [14] Cruz Sanchez, Fabio A., Hakim Boudaoud, Mauricio Camargo, and Joshua M. Pearce. "Plastic Recycling in Additive Manufacturing: A Systematic Literature Review and Opportunities for the Circular Economy." *Journal of Cleaner Production* 264 (2020): 121602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121602>.
- [15] Studio Kooij. "Homepage." Kooij. Accessed December 31, 2025. <https://kooij.com/>
- [16] 3DFS id.arts. "Porthcurno: Recycled Fishing Net PA Filament." 3DFS id.arts Online Store. Accessed December 31, 2025. <https://3dfs.idarts.co.jp/items/67382766>
- [17] TRACE OF WATER. "TRACE OF WATER Project." TRACE OF WATER Official Website. Accessed December 31, 2025. <https://traceofwater.com/202412>
- [18] Print Your City. "Products — Pots Plus and XXX Bench." Print Your City Official Website. Accessed December 31, 2025. <https://www.printyour.city/products>
- [19] Far East Network Co., Ltd. "Extruder Output Calculation Formula and Key Points to Increase Output." Far East Network Technical Column. June 17, 2023. Accessed December 31, 2025. <https://www.fareastnetwork.co.jp/theme562/theme10754/>
- [20] Santomasi, Giusy, Francesco Todaro, Andrea Petrella, Michele Notarnicola, and Eggo Ulphard Thoden van Velzen. "Mechanical Recycling of PET Multi-Layer Post-Consumer Packaging: Effects of Impurity Content." *Recycling* 9, no. 5 (2024): 93. <https://doi.org/10.3390/recycling9050093>.
- [21] Yamamoto, Takashi, Mohammed Althaf Hussain, and Shigeru Yao. "Material Property Recovery by Controlling the Melt Memory Effects on Recrystallization and on Crystal Deformation: An Approach by the Molecular Dynamics Simulation for Polyethylene." *Polymers* 14, no. 15 (2022): 3082. <https://doi.org/10.3390/polym14153082>.
- [23] Kamakura City Environmental Policy Division. "2024 Fiscal Year Survey Results on Global Warming Issues." April 2024.
- [24] Tanaka, Hiroya, Ryohei Yuasa, Masaki Arai, Takumi Moriya, Takuji Tokiwa, Mayumi Aoki, Emu Masuyama, Seiichi Yuyama, Kazuko Tachibana, Shotaro Kamai, and Akihito Takahashi. "Local Plastic Recycling Using Large Scale Pellet-Based 3D Printers." *KEIO SFC Journal* 23, no. 2 (2023): 49–68. <https://gakkai.sfc.keio.ac.jp/journal/.assets/SFCJ-23-2-03.pdf>
- [25] Torii, Takumi. 2024. "Urban Fabrication with Mycelium Materials in Fujisawa City: Building a 'Resource LAN (Local Area Network)'—A Network for Sustainable Creation from Local Resources with Citizens." Master's thesis, Graduate School of Media and Governance, Keio University.
- [26] "Client Work: 1851." KAYAC Official Site. Accessed December 31, 2025. <https://www.kayac.com/service/client/1851>
- [27] KAYAC Inc. "Kamakura RecyCreation Plus Begins: Installing 'Shigen Post' in Kamakura City to Circulate Plastic Waste into New Resources." KAYAC News, July 4, 2022. Accessed [access date]. <https://www.kayac.com/news/2022/07/shigenpost>

# 付録

## 付録

## たまごころプロダクト アイデア集

卵パック由来材料からつくるモノの  
採用されなかったアイデアたち



(1) : <https://material.jpn.org/pink.html>

