

# 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

Proposal to develop unique blended materials from locally recovered resources  
and communicate their properties in an attractive manner.

矢田 美涼<sup>1</sup>, 河合 慈英<sup>2</sup>, 湯浅 亮平<sup>1</sup>, 荒井 将来<sup>1</sup>, 高橋 美帆<sup>2</sup>, 田中 浩也<sup>2</sup>

Misuzu YADA<sup>1</sup>, Jiei KAWAI<sup>1</sup>, Ryohei YUASA<sup>2</sup>, Masaki ARAI<sup>2</sup>, Miho TAKAHASHI<sup>1</sup>, Hiroya TANAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院, <sup>2</sup>慶應義塾大学

<sup>1</sup>Keio University Graduate School, <sup>2</sup>Keio University

## 【要約】

本研究では、地域から回収したプラスチック製たまごパックを用いて、材料押出式3Dプリンタ用の新たな材料を開発する。プラスチック製たまごパックは薄く延伸されたA-PETフィルムから構成されており、非常に軽量で変質しやすいため、粉碎してリペレット化することが困難である。しかし、単一素材であること、地域から効率的に回収できることから、材料押出式3Dプリンタ用のリサイクル方法を確立することで、安定した資源としての活用が期待される。

さらに、A-PETフィルムのフレーク材料は加熱時にガラスの性質を示すことが確認されており、その性質を用いて、再現性のある造形可能な材料の開発を目指す。

キーワード: 3Dプリンタ, 3Dプリント材料, リサイクル, リサイクル材料

## 【Abstract】

In this research, we explore the development of a material for a material extrusion 3D printing, utilizing egg cartons collected from the local community. Egg cartons are composed of thin, stretched A-PET film, which is recognized for being lightweight and easily degraded. Therefore, these properties present challenges in terms of crushing and re-pelletizing. However, By developing a recycling method specifically designed for a material extrusion 3D printing, we anticipate that this single-material resource can be effectively utilized. Its accessibility from local sources, combined with its high transparency and limited color range, renders it a promising and stable material for production.

Furthermore, it has been confirmed that A-PET film flake materials exhibit glass properties when heated, and we aim to use these properties to develop reproducible modelable materials.

Keyword: 3D printer, 3D printing material, recycle, recycled material

## 1. 序論

リサイクルレーション慶応鎌倉ラボでは、2023年10月よりしげんポストによるプラスチック製たまごパックの回収を行っている。地域から回収したプラスチック資源を、材料押出式3Dプリンタでの造形に使用可能な材料に加工し、地域で使用するプロダクトを造形して還元していく、しげんポストプロジェクトの一環である。

プラスチック製たまごパックは、流通しているほぼ全てがA-PETの単一素材であり、家庭内からの排出の頻度が高く、汚れや不純物の少ない状態での回収がしやすいためリサイクル材料として適していると考えられる。これまで回収があまり行われて来なかった理由として、ごくわずかにPVC素材のプラスチック製たまごパックが流通している点、ラベルシールがついている点が挙げられる。PVC素材はリサイクルを行う過程で熱を加えると塩酸が放出されるため人体に有害でありリサイクルが出来ない素材であることが知られている。本研究では少量であるため目視で選別を行っているが、近年プラスチック判別の技術が発展

してきており、今後自動化が可能となる潜在性がある。ラベルシールについては資源の材料化の項目で詳述するが、本研究では手作業で処理している。地域から集めた資源から材料押出式3Dプリンタで造形可能な材料を開発し、リサイクル材料として安定した資源供給を効率的に行う手法を確立することを目的とする。

## 2. 資源の材料化

プラスチック資源を押出式3Dプリンタ用の材料にするプロセスを説明する。集めたプラスチック資源は粉碎機に投入しフレーク状にしたのち、押出機に入れて溶かした物を線状に引き延ばして冷却し、細かくカットすることでペレット化する。この工程をペレタイズと呼ぶ。

ペレタイズを行うためにはプラスチック製たまごパックを前処理する必要がある。集めたプラスチック製たまごパックは、ラベルシールがついている状態のものが混在している為、ハサミでラベルシールの付いた部分をカットし、効率的に単一素材にする必要がある。また、粉碎機にて

フレーク状にするためにはある程度の重量が必要であるため、絞って丸めることで粉碎しやすくする。(図1)



図1. 前処理を行ったプラスチック製たまごパック

フレーク状にした後の工程では問題が2点ある。まず、フレーク状になったプラスチック製たまごパックは細かい棘状のふち同士が絡み合い、押出機のホッパーにスムーズに入っていないため、安定した押し出しが行われないという問題である。この問題を解決するために、サーボモーターを用いたアシスト装置を設計した。ホッパー内でのフレーク同士の絡まりをほどこき、スクリューに安定して適量のフレークが取り込まれていく設計にすることで、押出機から出る溶けたプラスチックの量が安定し、ペレットが均質になる。(図2)

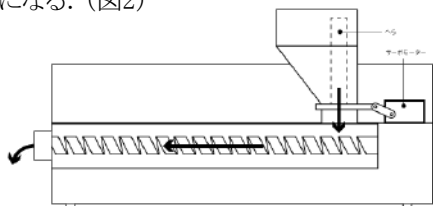


図2. フレークをホッパーにスムーズに入れるアシスト装置図

二つ目の問題は、プラスチック製たまごパックの材質であるA-PET (Amorphous-PET) が、熱を加えると変質しやすい点である。高い透明度を持つA-PETであるが、一定の温度まで熱を加え、そのまま冷ますと透明度と強度が失われ、白く濁り、もろくなり結晶化する。しかし、変形するのみで白濁しない場合や、溶かした後に急冷すると透明度を保ったまま硬化することがあることがわかった。これらの特徴はガラスの性質に近いことがわかり、変質する温度と時間を割り出すことでコントロールできると考えられる。

小型の押出機に空冷装置と巻き取り装置が付属したフィラメント製造機を用いて、透明度を保ったまま細い糸状に巻き取ることに成功した。(図3)



図3. フィラメント製造機で巻き取ったたまごパック

### 3. 造形テスト

ペレット押出式大型3Dプリンタで造形テストを行った。ノズル付近の空冷装置で急冷しながら積層することで一部透明度を保ったまま造形することに成功したが、一部白濁して不均一が生じたり、積層間の接着の弱さが出たりすることが確認された。また、熱を加えることによる焦げのような茶色の変色が見られた。(図4)

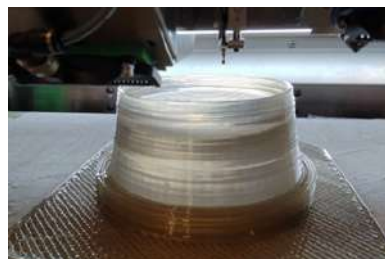


図4. たまごパックリサイクル材料造形テスト

### 4. まとめと展望

本研究では地域から集めたプラスチック製たまごパックを効率的にフレーク化する手法と、フィルム状の軽量なフレークを押出機のホッパーにスムーズに入れる手法を確立した。今後は、A-PETの特性を詳しく調査し、透明度と強度を保った状態で造形する為の温度条件を探すことが求められる。また、プラスチック製たまごパックのフレークに結晶化を遅らせる添加剤を混合することで性質を補うことも検討する。ペレットサイズが安定して可能になり、強度のある造形を可能にすることを目指している。

### 参考文献

1. 塚根永芳.“高分子の熱的特性”.  
[http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/sangaku\\_polymer/pdf/B/B-01.pdf](http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/sangaku_polymer/pdf/B/B-01.pdf), (2024.7.5)
2. 亀川厚則.“ガラスの結晶化と構造”.  
<https://u.muroran-it.ac.jp/hydrogen/lec/Ceram06PPT.pdf>, (2024.7.5.)
3. 松寄弘.“日本包装学会誌vol.24 No.6”.<https://www.spsti.jp/publication/term/doc/24-6-1.pdf>,(2024.7.5)
4. ダイヤフーズ(株).“たまごパックのできるまで”.  
<http://takakis.la.coocan.jp/pack.htm#flake>, (2024.7.5)

### 謝辞

本研究は、JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2111 の支援を受けたものです