

【研究論文】

【令和3～6年度 みやぎ環境税活用事業】

みやぎアップグレードリサイクル推進事業

推野 敦子、遠藤 崇正^{*1}、佐久間 華織^{*2}、浦 啓祐、佐藤 勲征
 材料開発・分析技術部(*1現 新産業振興課)、*2企画・事業推進部

宮城県の豊かな環境の適切な保全と経済の両立を図る持続的な循環型社会形成を目指し、それ自体が石油資源節約素材であるバイオマス材料を複合化した樹脂材料のリサイクルシステムを検討するため、宮城県が企業と共同開発した澱粉系樹脂複合材料を取り上げ、リサイクル性の検証を行った。

この取組を行うため、有識者や企業、地方自治体などと連携した「みやぎアップグレードリサイクルコンソーシアム」を令和3年度に設立し、各機関と連携してリサイクル性の検証を行うため社会実験を行った。

今回は、澱粉系樹脂複合材料で作製した容器を実際のイベントで使用し、その容器を回収、洗浄、粉碎、再生実験を行った。この再生材料について、物性値の変化を調べた結果、熱履歴なしのもの(未使用品)と比較して引張強さに大きな変化はないことを確認した。リサイクルによる再利用の可能性があることが分かり、最終的に再生バイオマス複合プラスチックを原料とするキーホルダーを制作し、イベントやSDGs出前授業などで配布し、これらの活動について広報活動を行った。

キーワード：バイオマス複合プラスチック、澱粉、劣化、再生

1 緒言

石油を原料とする樹脂の浪費を看過できない情勢と言われて久しい。石油系樹脂の際限のない消費を回避するため、抜本的・或いは過渡的なアイデアがそれぞれの立場から提案・実行されている中¹⁾、本稿では(株)コバヤシと宮城県、山形大学との連携により生まれた澱粉系樹脂複合材料に注目した。この材料は、既に15年以上にわたり市販され、石油由来樹脂使用量の削減に一役買っている材料である。

さて既報^{2)~4)}のとおり、産業技術総合センターでは、令和3年度よりバイオマス複合プラスチックのアップグレードリサイクルに取り組んでいる。この中で、バイオマス複合プラスチックの使用をより増やすべく普及活動をしており、先に挙げた澱粉系樹脂複合材料を用いた容器を作製((株)コバヤシ製)し、各種イベントで使用していただいている。

しかしながら、如何に澱粉含量の大きい材料とはいえ、石油を使うことは事実である。そこで、我々は澱粉系樹脂複合材料の使用量増に応じた再生利用も進めたいと考える。材料の再生利用可能性を考える際には、最低限、再生工程で受けるダメージを把握し、再生利用にかなう状態を保っているか確認する必要がある。そこで今回は、未使用の澱粉系樹脂複合材料を原料とし、容器(皿、どんぶり)を(株)コバヤシに作製依頼し

た。この作製した容器をイベントで食器として使用し、使用済みの容器を回収、洗浄、粉碎、再生までを行う社会実験をみやぎアップグレードリサイクルコンソーシアムの関係機関と共同で行った。この回収材について、当センターで物性を調査した結果を報告する。

2 実験(社会実験、リサイクル性評価実験)

2.1 社会実験

有識者と企業、地方自治体その他の団体等が連携して、持続可能な資源循環社会を目指し宮城県が企業と共同開発したバイオマス複合プラスチックのアップグレードリサイクル体制を構築し、社会実装することを目的として、「みやぎアップグレードリサイクルコンソーシアム」を令和3年9月に設立した。この目的を達成するため、以下の活動を令和3年度～令和6年度の4年間行った。

- (1) バイオマス複合プラスチックの利用と回収、再商品化の実証試験
- (2) 使用済みバイオマス複合プラスチックのリサイクルに伴う課題の意見交換及び情報共有、研究調査
- (3) 持続可能な資源循環システムの普及と社会実装のための取組みの企画、開催への参画・協力、政策提言
- (4) (1)から(3)に掲げる活動に附帯又は関連する活動

社会実験では、東松島市で行われるイベントにて、飲食ブースで使用する容器として、バイオマス複合プラスチック(澱粉系樹脂複合材料)の容器、カトラリー、袋を提供し、会場内に回収ボックスを配置して使用後に回収した。回収ボックスでどのように分別されたかを確認し、回収したバイオマス複合プラスチックを運搬・洗浄・粉砕・再生し、リサイクル性の評価実験を行った。また、リサイクルに伴う課題の意見交換を関係者で行うと共に再商品化の検討を行った。

2.2 材料(リサイクル性評価実験)

(株)コバヤシから提供された生澱粉60%を含んだポリプロピレン(PP)(S60PP)で作製した容器(図1 皿、どんぶり)を毎年(令和3年度～令和6年度)11月に開催される東松島市産業祭にて、食器として使用した。使用済みの容器を回収・洗浄・粉砕・乾燥したものを試料として用いた。



図1 澱粉含有PP製容器(どんぶり、皿)

2.3 回収材を用いた物性評価用試験片の作製(リサイクル性評価実験)

回収材は射出成形機(JSW J50E-C5)を用い、

表1 各試料の作製条件

		S60PP
組成	澱粉	生澱粉 60wt. %
	樹脂	PP
押出	押出(再生)回数 [回]	0, 1, 3, 5
	シリンダ温度 [°C]	180
	樹脂温度 [°C]	195
	スクリュ回転数[rpm]	45
成形	シリンダ温度 [°C]	190
	型温 [°C]	50

JIS K7139に規定されるA1形ダンベル試験片に成形した。ダンベル試験片は平行部長さ80mm、平行部幅10mm、平行部厚さ4mm、全長約190mmである。成形条件を表1に示す。

2.3 評価方法

2.3.1 引張試験(リサイクル性評価実験)

作製したダンベル試験片について、引張圧縮試験機(東洋精機製作所、ストログラフ V10-C)を用いて引張強さ、引張破断ひずみを測定した。試験速度は50mm/min、チャック間距離は115mmである。試験本数はn=5である。

2.3.2 シャルピー衝撃試験(リサイクル性評価実験)

ノッチ加工機(東洋精機製作所、ノッチングツールA-10)を用いて作製したダンベル試験片にノッチ加工を施した。Vノッチカッターの先端形状は、JIS K7111-1に規定される形状Aである。加工後、シャルピー衝撃試験機(東洋精機製作所、シャルピー衝撃試験機DG-CB)を用いてシャルピー衝撃試験を行った。打撃方向はエッジワイズである。試験数はn=10とし、最大及び最小値を除きデータとして採用した。

3 結果(社会実験、リサイクル性評価実験)

3.1 社会実験

前述のとおり、バイオマス複合材料プラスチックの利用と回収、再商品化の実証試験を行うため、毎年11月に東松島市で行われるイベントで、バイオマス複合プラスチック容器の使用、回収、再生までを行った。

令和3年度～令和6年度にイベントで使用したバイオマス複合材料プラスチック容器(どんぶり形状)の使用数と回収数の結果に以下に示す(表2)。

表2 使用数と回収数の推移

	令和6年	令和5年	令和4年	令和3年
使用数	1,050 枚	775 枚	2,008 枚	2,265 枚
回収数	975 枚	697 枚	1,427 枚	694 枚
割合	93%	90%	71%	31%

初年度(令和3年度)の回収割合は、31%と低かったものの、令和4年度以降回収方法を見直し、イベント会場にあるリサイクルステーションで来場者・出展者に呼びかけ等を行って周知し、回収率を上げることができた。

図2、図3は、それぞれイベントのお振る舞いで使用されたどんぶり、イベント会場に設置したリサイクルステーションの写真である。



図2 イベントで使用した容器



図3 イベントに設置したリサイクルステーション

また回収した容器は、洗浄・粉砕し、リサイクル可能な樹脂を選別・再生し、キーホルダーとして、再商品化を行った(令和6年度)。

図4～6に示すとおり、回収した容器は概ね洗浄粉砕できていたが、一部汚れや異物混入が認められ、再生量に影響した。



図4 洗浄・粉砕した容器



図5 洗浄・粉砕後、汚れが残ったもの



図6 洗浄・粉砕後、混入した異物

令和6年度の回収・再生量の結果を表3にまとめる。

表3 令和6年度の容器回収から再生までの割合

	重量	割合	備考
使用量	38.7kg	—	イベントで使用
回収量	36kg	93%	収集運搬事業者へ
引取量	30.8kg	80%	リサイクル事業者へ
再生量	21.7kg	56%	成形事業者へ

回収率93%は高いが、異物混入や洗浄不十分な場合(油汚れ等の場合)もあり、再生量は56%に留まった。

なお、令和6年度は、3年間(令和3年度～令和5年度)の社会実験の経験と成果に基づいて、本コンソーシアムをはじめ、大学、自治体、県内のリサイクル事業者及びプラスチック容器製造事業者などと連携し、すべて民間の事業者で収集・運搬・洗浄・粉碎・再生し、最終的に再生バイオマス複合プラスチックを原料とするキーホルダーを制作(再商品化)することができた(図7)。

課題はあるものの社会実装が可能であることを示すことができた。



図7 再生材を活用し商品化したキーホルダー

3.2 引張試験(リサイクル性評価実験)

回収により材料物性が低下すると、引張破断伸びやシャルピー衝撃強度が低下する。今回回収した材料の引張破断伸びの結果を過年度の回収材の結果をあわせて図8に示した。図8には、引張破断伸びの傾向をみるために過年度の実施した単純押出負荷材の結果も記載した。図2により、今回の回収材は過年度の回収材と変わらない結果であり、単純押出負荷材の1回負荷材とほぼ同じ結果である。

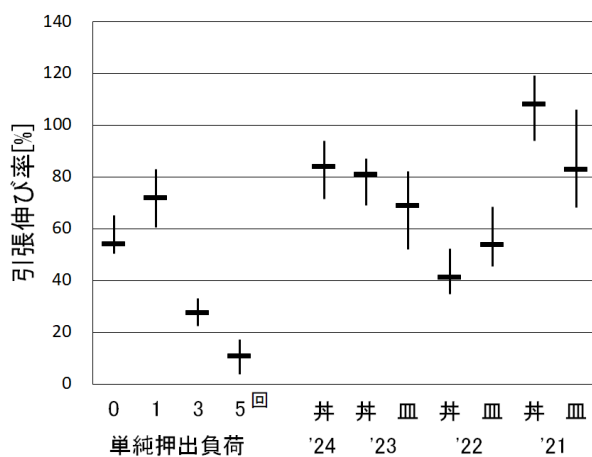


図8 引張伸び率

3.3 シャルピー衝撃試験(リサイクル性評価実験)

次に、図9にシャルピー衝撃試験結果を示す。図8同様、過年度の回収材と単純押出負荷材の結果もあわせて記載する。試験片は全て部分破壊であった。引張伸び同様、今回の回収材は過年度の回収材と変わらない結果であり、単純押出負荷材の1回負荷材と同程度の結果であり、再利用可能と判断した。

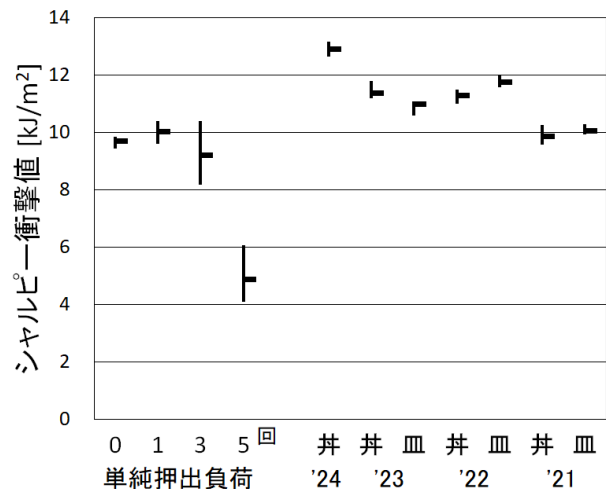


図9 シャルピー衝撃試験結果

4 結言

宮城県発バイオマス複合プラスチックである澱粉樹脂複合材料を原料とし容器を作製し、イベントで食器として使用した。使用済みの容器からの回収材の物性を調査した。その結果、今回の回収材は過年度の回収材と変わらない結果であり、単純押出負荷材の1回負荷材と同程度の結果であり、再利用可能と判断した。

令和6年度は、3年間(令和3年度～令和5年度)の社会実験の経験と成果に基づいて、本コンソーシアムをはじめ、大学、自治体、県内のリサイクル事業者及びプラスチック容器製造事業者などと連携し、すべて民間の事業者で収集・運搬・洗浄・粉碎・再生し、最終的に再生バイオマス複合プラスチックを原料とするキーホルダーを制作(再商品化)することができた。課題はあるものの社会実装が可能であることを示すことができた。

謝辞

本事業はみやぎ環境税を活用して実施しました。また、東北大学、東松島市、(株)コバヤシ、日の丸合成

樹脂工業(株)には社会実験に係る様々なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 工藤 謙一、高原 純一. 澱粉を原料とした環境調和型プラスチック-グリーンインダストリーを目指して- 環境技術. 2005、34(6)、p.411-415. など
- 2) 佐久間華織、推野敦子、佐藤勲征. みやぎアップグレードリサイクル推進事業. 令和3年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2022、No.19
- 3) 推野敦子、佐久間華織、佐藤勲征. みやぎアップグレードリサイクル推進事業. 令和4年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2023、No.20
- 4) 推野敦子、遠藤崇正、佐久間華織、佐藤勲征. みやぎアップグレードリサイクル推進事業. 令和 4 年度宮城県産業技術総合センター研究報告. 2024、No.21