

廃プラスチックの再生プロセスと物性に関する研究

齋田 真吾*1 田中 大策*1 中西 太郎*1 野見山 加寿子*1 津山 圭太*2 横地 佳彦*2

Research on recycling process and physical properties of waste plastics

Shingo Saita, Daisaku Tanaka, Taro Nakanishi, Kazuko Nomiyama, Keita Tsuyama and Yoshihiko Yokochi

脱炭素社会の実現や地球温暖化抑制に向けて、プラスチックのマテリアルリサイクルの推進が必要とされている。しかし、プラスチックのマテリアルサイクルによって得られたリサイクル材は、未使用のバージン材と比較して物性が低下する傾向にあることから、リサイクル材の活用にあたっては物性の把握が非常に重要である。本研究では、成形端材を粉砕するなどして得られたリサイクル材の機械的物性について各種検証を行うことで、リサイクルに伴う物性の低下が比較的小さいことを確認することができた。

1 はじめに

プラスチックは、成形の容易さや軽量といった特徴を活かして自動車部品や日用品、包装用品、雑貨、機械部品など非常に多くのものに使用されている。プラスチックは生活に欠かすことができない化学製品であるが、二酸化炭素排出抑制の観点から、プラスチック廃棄物を取り巻く状況は年々厳しくなりつつある。そのため、リデュース、リユース、リサイクルといった3R等を含めたプラスチック資源循環体制を強化していくことが重要と考えられている。国内では、2019年5月に「プラスチック資源循環戦略」が策定され、これに基づき、2020年7月にはレジ袋の有料化が開始されるなど、身近なところでも具体的な取り組みが浸透しつつある。また、2022年4月には「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律（プラスチック資源循環促進法）」が施行され、プラスチックのライフサイクル全体において関わりのある全ての事業者、自治体、消費者が相互に連携しながら、再資源化等に取り組むことが必要とされている。回収したプラスチック製品を粉砕や熔融するなどして再び製品として成形するリサイクル方法として、マテリアルリサイクルがある。プラスチック廃棄物の排出抑制が求められている中で、プラスチックのマテリアルリサイクルの促進は益々重要になってきている。しかし、プラスチック廃棄物から再生したリサイクル材は、未使用のバージン材と比較して、物性が低下する傾向にあることが課題

の一つといわれている¹⁾。そのため、リサイクル材の活用にあたってはバージン材との比較を行うなど、物性の変化について把握しておく必要があると考えられる。本研究では、生産工程で発生する成形端材から良好な物性を有するプラスチック成形品を得る再生プロセスの検証を目的として、異なる再生プロセスにて得られたサンプルの物性について検討を行った。

2 実験方法

2-1 材料

成形端材は西日本モダンパッケージ（株）にて真空成形後に製品を打ち抜くことで発生するポリプロピレン系成形端材を用いた。

2-2 再ペレット化

パワーカッターで投入口の大きさ以下に切断した端材を図1に示すように、粉砕機（（株）ホーライ製、U-210）にて粉砕した後、二軸押出機（東洋精機製作所（株）製、ラボプラストミル2D25S（L/D=25））を用いてシリンダー温度（H1：200℃、H2：210℃、H3：220℃）及びスクリー回転数（50 rpm）の条件で再ペレット化した。

2-3 試験片作製

本研究では、熱プレスを使用した圧縮成形により作製したシート及びTダイ付二軸押出機を使用した押出成形により作製したシートを用いて、シート成形方法による物性への影響について比較した。また、端材を粉砕して得られたフレークを直接シート化したものとフレークを再ペレット化した上でシート化したものに

*1 化学繊維研究所

*2 西日本モダンパッケージ株式会社

ついて比較することで、再ペレット化による物性への影響についても比較を行った。さらに、真空成形で得られた製品平面部から打ち抜いた試験片をバージン材相当品（サンプル1）として比較のため試験に用いた。

なお、フレークを直接シート化の際は、西日本モダンパッケージ（株）が協力企業で粉碎したフレークを用いた。

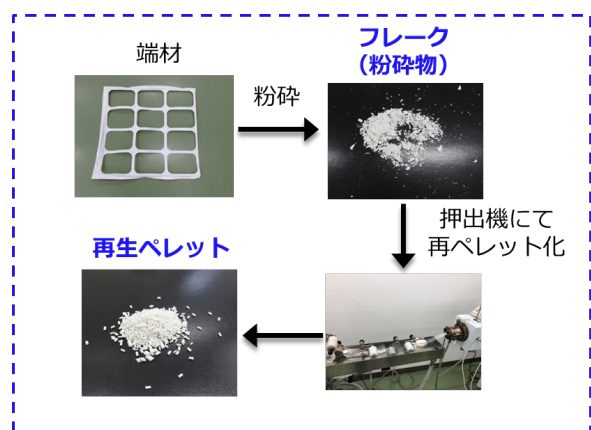


図1 再生ペレットの作製概略

2-3-1 圧縮成形によるシート作製

圧縮成形によるシート作製は、熱プレス（東洋精機製作所（株）製、ミニテストプレスMP-SCH）を使用した。ポリイミドシートに挟んだ試料約15 gを、加圧をせずに220℃で2分間余熱し、次に2 MPa（装置の指針値）にて2分間加圧を行い、最後に5 MPa（同）で8分間加圧したのち、ポリイミドシートに挟んだまま熱プレスから取り出し、室温下で徐冷してからサンプルのシートを取り出した。圧縮成形にてフレークから直接作製したシートをサンプル2、再生ペレットから作製したシートをサンプル3とした。

2-3-2 押出成形によるシート作製

押出成形によるシート作製はTダイ付二軸押出機（東洋精機製作所（株）製、ラボプラストミル2D15W（L/D=17））を用い、シリンダー温度（H1：200℃、H2：210℃、H3：220℃）及びスクルー回転数（30 rpm）の条件でシート状に吐出させた後、冷却ロール（70℃）にて冷却しながら巻き取りを行った。押出成形にてフレークから直接作製したシートをサンプル4、再生ペレットから作製したシートをサンプル5とした。

各サンプルの作製条件と平均厚さを表1にまとめた。

2-4 引張試験

各サンプルからJIS（日本産業規格）K 7127にて規定されている試験片タイプ5の形状に打ち抜いた試験片を、万能試験機（島津製作所（株）製、AG-50kNXplus）を用い、クロスヘッド速度50 mm/minにて引張試験を行った。

表1 各サンプルの作製条件

サンプル	作製条件		平均厚さ (mm)
	成形方法	材料	
1	製品平面部		0.70
2	圧縮成形	フレーク	0.55
3	圧縮成形	再生ペレット	0.53
4	押出成形	フレーク	0.25
5	押出成形	再生ペレット	0.34

3 結果と考察

3-1 圧縮成形によるシートの評価

引張試験の結果を図2及び表2に示す。降伏点については、圧縮成形により作製したサンプル2及びサンプル3は、製品平面部から得たサンプル1と比較して引張降伏応力が小さくなる傾向にあることが確認できた。また、破断点についても、圧縮成形により作製したサンプル2及びサンプル3は、製品平面部から得たサンプル1と比較して引張破壊応力及び破断点変位が小さくなる傾向にあることが確認できた。

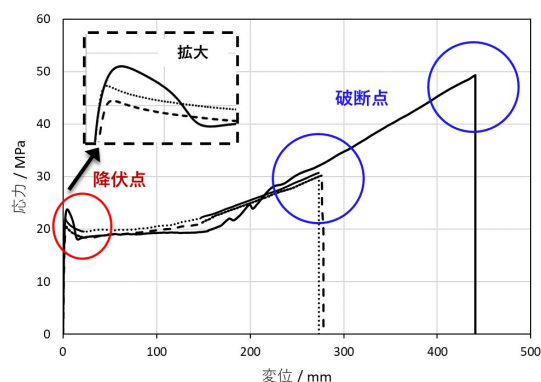


図2 圧縮成形により作製したサンプルの引張試験の比較例（実線：サンプル1、点線：サンプル2、破線：サンプル3）

表2 引張試験の各物性値

圧縮成形 サンプル	引張降伏 応力 (MPa)	破断点 変位 (mm)	引張破壊 応力 (MPa)
1(製品打抜)	23.7	441	49.3
2	22.6	264	30.5
3	20.6	278	30.0

3-2 押出成形によるシートの評価

引張試験の結果を図3及び表3に示す。降伏点については、押出成形にて作製したサンプル4及びサンプル5は、製品平面部から得たサンプル1よりも大きい引張降伏応力を有する結果となった。また、破断点については、押出成形にて作製したサンプル4及びサンプル5は、製品平面部から得たサンプル1と引張破壊応力が比較的近い数値になることが確認できた。さらに、押出成形にて作製したサンプル4及びサンプル5は、圧縮成形により作製したサンプル2及びサンプル3と比較して試験片の厚さが薄いにも関わらず、破断点変位が製品平面部から得たサンプル1に比較的近い結果となった。

押出成形により作製したサンプルのほうが圧縮成形により作製したサンプルと比べて、製品平面部のサンプルに近い物性を示すのは、真空成形に用いる原反シートが押出成形で作製されていると推察されることから、成形方法が大きな要因であると考えられる。また、サンプル4の物性値が製品平面部の物性値に非常に近いことから、成形端材のフレークについては物性低下を極力抑えた再生利用が可能であると考えられる。サンプル5の引張破壊応力がサンプル4及び製品平面部から得たサンプル1と比べて約5%程度小さい点については、再ペレット化に伴う物性低下の可能性が考えられるが、この点については、再ペレット化の回数を増やすなどして、影響がより顕著になるかなどを検証していく必要がある。

以上のように、成形方法の違いにより引張挙動に違いが見られることから、物性の比較を行うにあたっては、試験片の成形方法に留意しておく必要があると考えられる。

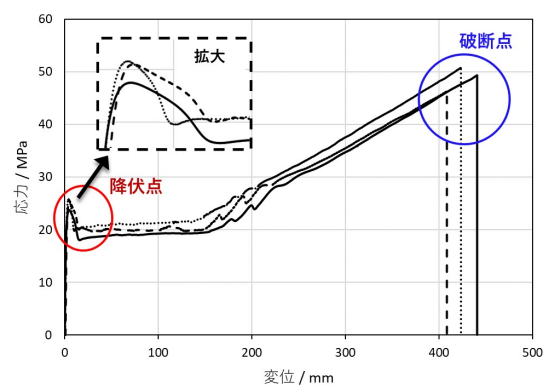


図3 押出成形により作製したサンプルの引張試験の比較例（実線：サンプル1，点線：サンプル4，破線：サンプル5）

表3 引張試験の各物性値

押出成形 サンプル	引張降伏 応力 (MPa)	破断点 変位 (mm)	引張破壊 応力 (MPa)
1(製品打抜)	23.7	441	49.3
4	25.3	424	49.8
5	25.2	408	47.1

4 まとめ

今回の検討に使用した真空成形の成形端材については、成形端材を粉砕して得られたフレークを用いて押出成形にて再生利用するケースでは物性の低下を非常に小さく抑えることが可能であると考えられる。今後は、フレークのまま活用可能な用途を検討するとともに再ペレット化による物性低下についてもメカニズムを明確にし、物性低下抑制が可能か検討を行う必要がある。

5 文献

- 1) 高取永一：日本ゴム協会誌，87巻，pp. 441-446，(2014)