

プラスチック廃棄物の粉体化技術の開発と 廃プラスチックの再利用化の促進（第2報）

西村 通喜・佐野 正明・吉村 千秋

Development of Technology a Powder Body of the Plastic Waste, Promotion of Recycling of Plastic Waste (2nd Report)

Michiyoshi NISHIMURA, Masaaki SANO and Chiaki YOSHIMURA

要 約

工場から排出される熱硬化性樹脂廃棄物の減容化や再利用化することを目的に粉砕技術の検討を行った。粉砕方法を変え、2種類の試作機と市販の粉砕機を改良して、熱硬化性樹脂に適した粉砕機の開発を行った。この結果、5mm～10mm程度に粉砕された熱硬化性樹脂（フェノール樹脂）を1mm程度に粉砕できることが分かった。また、金属インサートされた成型品を粗く粉砕し金属と樹脂が混合しているものに対し、風力を用いた分別装置を試作し、分別が可能なが確認できた。

1. 緒 言

プラスチック製造業で取り扱う樹脂は熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の大きく2種類に分類される。その中で、熱硬化性樹脂の占める割合は約10%程度である。

プラスチック製品製造時は、必ず製品以外の廃材（スプルー、ランナー）が発生し、不良品と共に産業廃棄物として、そのほとんどが埋立や焼却処分されている。現在、プラスチック廃棄物処理により二酸化炭素排出や大気汚染、埋立処分場の不足など大きな社会問題となっており、工場から排出される産業廃棄物の有効利用の要望が高まっている。また、この廃棄物は産業廃棄物処理業者に処理委託されるため、一定量になるまでの保管場所の確保や、処理費用も企業にとっては大きな負担となっている。このため、廃棄物の減容化技術や再利用技術が望まれている。

そこで本研究では、工場から排出される熱硬化性樹脂の廃棄物を樹脂と金属部品とに分別処理し、樹脂部分を1mm以下の粉末状に粉砕する技術および装置開発を行い、廃棄物の工場保管時の減容化と再利用促進を図ることを目的とする。

昨年度は、廃プラスチックや金属を含む製品を粉砕する装置の試作を行い、プラスチック部分を10mm以下に粉砕することが可能となった。本年度は金属を含んだプラスチック粉砕片の中からプラスチックのみの分別を行い、1mm以下の粉末状に粉砕することを目的とした。

2. 分別実験および装置試作

2-1 風力による分別実験方法

プラスチックと金属の大きな性質の違いである比重の差を

利用し、安価で簡易に分別を行える方法として、風力による分別方法を試みた。

風力による分別傾向を得るため、図1のような実験装置を用いた。この装置は、投入口からサンプルを少量ずつ入れ、送風機から送られた風力によって飛ばされた距離の分布により、その特性を得るものである。実験条件として、表1に示すように風速や射出角度形状だけでなく、形状の異なる金属サンプルと、実際に粉砕したサンプルを用いた。

表1 風力による分別実験条件

風速 (m/s)	15.7, 12.7, 10.1, 6.5
出射角度 (度)	0, 30, 45
試料	フェノール樹脂粉砕(大)(4.7～9.5mm) フェノール樹脂粉砕(小)(2.0～2.8mm) 鉄製座金(大)(φ10mm,穴φ5mm,t1mm) 鉄製座金(小)(φ6mm,穴φ3mm,t0.5mm) 鉄製球(直径1～2mm)

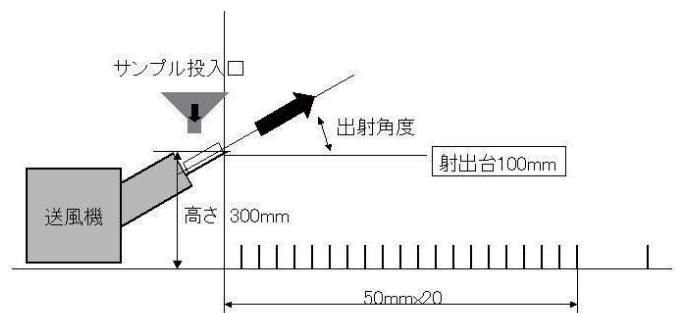


図1 風力実験装置概要

3. 微粉碎装置の試作

3-1 圧縮型粉碎装置

3-1-1 装置概要

熱硬化性樹脂は硬くて脆く、圧縮することにより破砕できる特性を利用し、装置を試作した。装置の概略図を図 5 に示す。試作した装置は、駆動軸を回転させることにより、左右の粉碎刃（直径 300mm、幅 50mm）が回転し、装置上部から投入した製品を挟み込むように圧縮、粉碎し、下部に排出する機構である。この方式により、連続的に圧縮粉碎処理が可能である。図 5 のように、粉碎刃には、試料落下防止のための凹凸や試料回転すべり防止の溝が施されている。

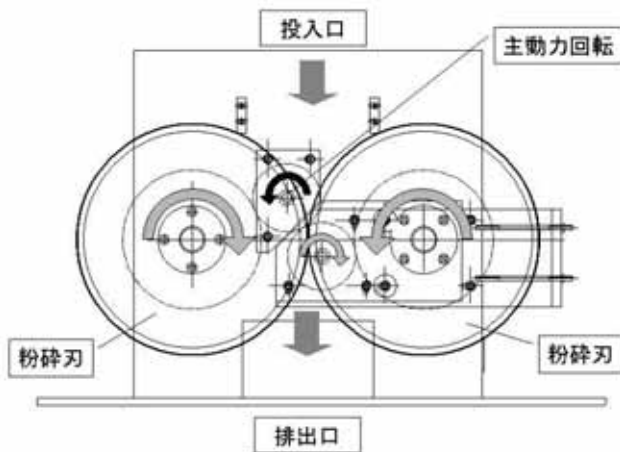


図 5 圧縮粉碎装置概要図

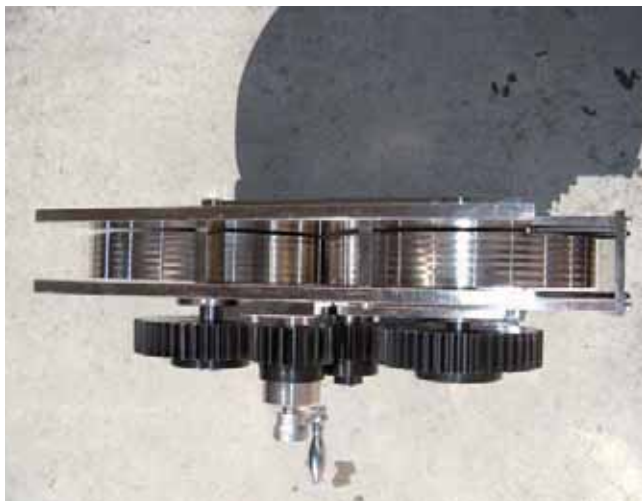


図 6 圧縮粉碎装置（粉碎刃）

3-1-2 実験方法

試作した粉碎装置を用いて、粉碎を行い、得られた試料をふるい分けし、粒径分布により評価を行った。試料は、ガラス繊維入りフェノール樹脂製ランナーを粗く粉碎したものをふるい分けし、4.7mm 以上の大きなものを用いた。粉碎条件は圧縮粉碎刃の最小隙間間隔を 1.0mm と 1.5mm と変化させ

験を行った。

3-1-2 実験結果および考察

粉碎実験結果を図 7 に示す。装置の圧縮粉碎刃間隔を変化させることにより、粉碎される粒径の大きさが変化することがわかった。また、全体的に粉碎刃間隔よりも粉碎された粒径は大きくなりやすいことがわかった。これは、圧縮する 2 つの粉碎刃間隔方向は、大きさが規制されるが、圧縮されない方向には長く破砕するためであると思われる。全体的に粒径を小さくするためには、粉碎刃間隔を 1.0mm 以下にすることが必要であると思われる。

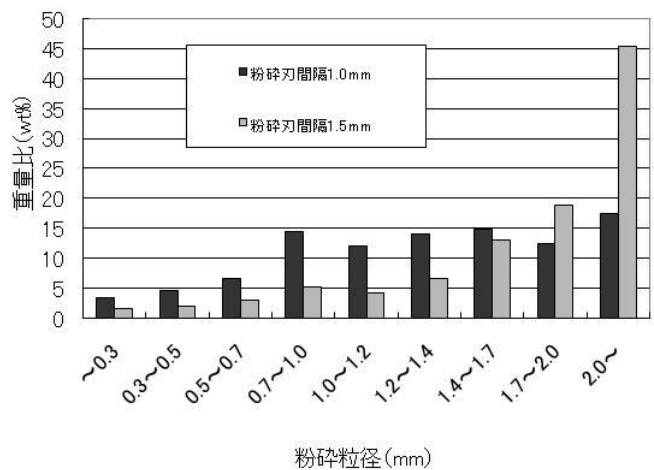


図 7 圧縮粉碎実験結果

3-2 せん断型粉碎装置

3-2-1 装置概要

市販されている熱可塑性樹脂粉碎機は、鋭利な刃を用いて柔軟な樹脂を切断し、細かく粉碎している機構を持つものが多い。この装置の機構概要を図 8 に示す。この機構は、モータにより回転する鋭利な回転刃と固定刃により構成され、装置上部より投入された試料を切断し、所定の大きさ以下になった試料は、装置下部に設けられた、穴が多数開いた板より落下する。この穴径よりも大きな試料は、落下せず、再度切断を繰り返し、さらに細かく粉碎される。

この機構を利用して、熱硬化性樹脂の粉碎を行うために市販の装置を改造し、装置を試作した。大きな改良箇所は回転刃および固定刃、下部の穴板である。改造箇所を図 9 に示す。熱硬化性樹脂は硬くて脆い特性があるため、鋭利な刃で切断するのではなく、硬くて強固な刃でせん断破砕をするために剛性のある刃が求められる。また、熱硬化性樹脂の多くはガラス繊維を多く含んでいるために、刃の磨耗を考慮した構造にするため、機械加工などに用いられる超硬合金製スローウェイ工具を刃先に用い、容易に交換可能な構造にした。また、粉碎を細かくするため、穴径を小さくした板を試作した。

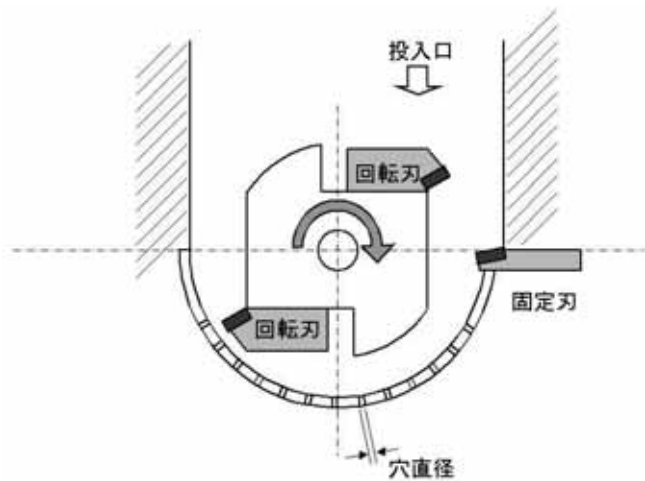


図8 せん断型粉砕装置概要図

合には 0.5mm 以下の粒径が全体の 8 割以上を示し、良好な結果を得ることができた。

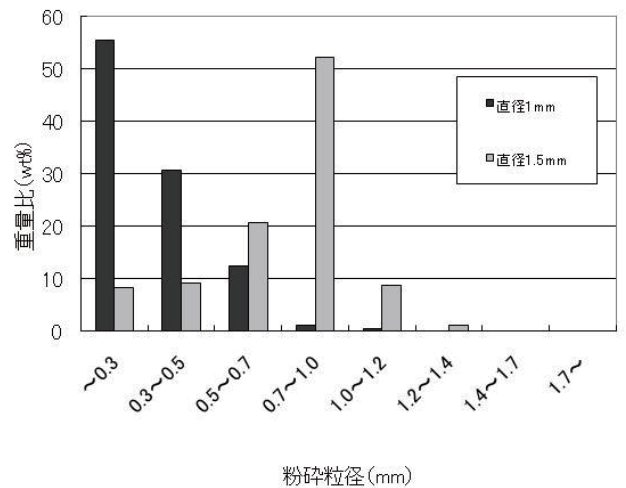


図10 せん断型粉砕実験結果

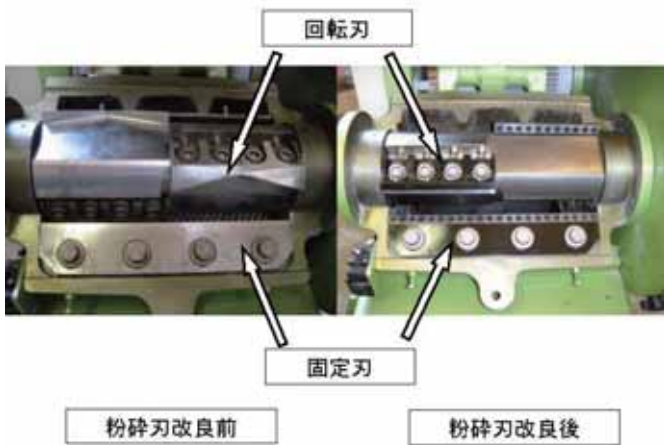


図9 せん断型粉砕機改造箇所

3-3 圧縮せん断型圧縮粉砕装置

3-3-1 装置概要

装置上部より投入した試料は、大きいものは装置上部で固定刃と回転刃により、圧縮粉砕され、装置下部に落下し、円錐状表面にある凹凸の刃により、徐々にせん断粉砕される。装置概要図を図 11 に示す。装置内側にある円錐状の固定刃と、中心シャフトに固定された円錐状の回転刃とともに、上部には大きな溝を有している形状である。さらに、円錐状の刃の表面には螺旋状に細かな凹凸の溝を有し、中心シャフトに固定された回転刃の高さを調整することにより、固定刃と回転刃の間隔の調整が可能な機構となっている。刃の形状を図 12 に示す。

3-2-2 実験方法

試作した粉砕装置を用いて、粉砕を行い、得られた試料をふるい分けし、粒径分布により評価を行った。試料は、ガラス繊維入りフェノール樹脂製ランナーを粗く粉砕したものをふるい分けし、4.7mm 以上の大きなものを用いた。粉砕条件は粉砕装置下部の穴板の穴径を $\phi 1.0\text{mm}$ と $\phi 1.5\text{mm}$ のものを使用し実験を行った。

3-2-3 実験結果および考察

粉砕実験結果を図 10 に示す。装置下部の板の穴径を変えることにより、粉砕される粒径の大きさが変化することがわかった。また、全体的に板の穴径よりも粉砕された粒径は小さくなりやすいことがわかった。これは、粉砕された粒径が穴径よりも大きいと、再度回転刃により粉砕され、全体的に小さい粉砕物の割合が増加したと考えられる。装置下部の穴径を 1.5mm とした場合の粉砕した粒径は、0.7~1.0mm が中心のほぼ正規分布を示したのに対し、1.0mm の穴径を用いた場

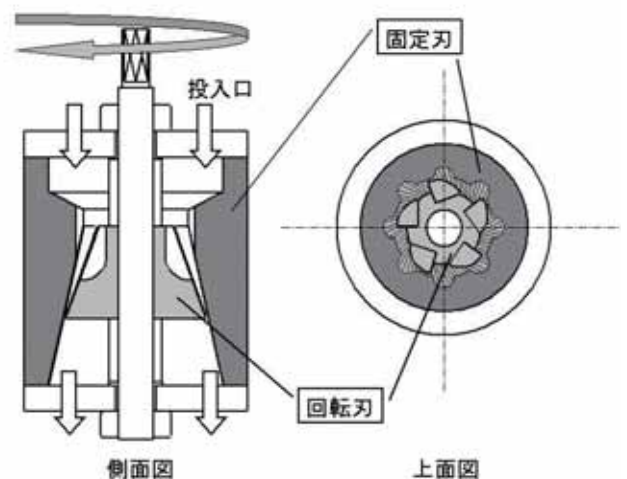


図11 圧縮せん断型粉砕装置概要図

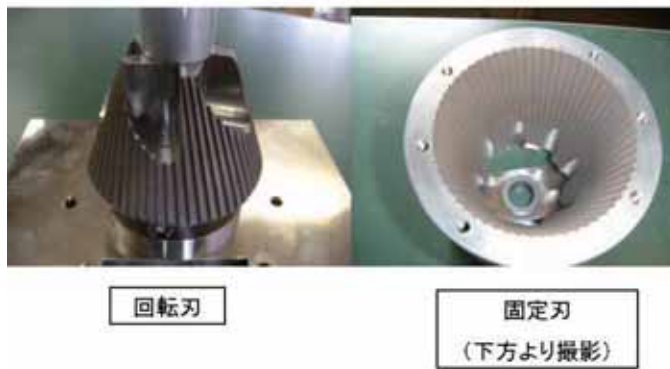


図12 圧縮せん断型粉砕装置（粉砕刃）

3-3-2 実験方法

試作した粉砕装置を用いて、粉砕を行い、得られた試料をふるい分けし、粒径分布により評価を行った。試料は、ガラス繊維入りフェノール樹脂製ランナーを粗く粉砕したものをふるい分けし、4.7mm以上の大きなものを用いた。粉砕条件は固定刃と回転刃の間隔を1.0mmと1.5mmと変化させ実験を行った。

3-3-3 実験結果および考察

粉砕結果を図13に示す。粉砕刃の間隔を変化させることにより、軽微ではあるが粉砕される粒径の大きさが変化することがわかった。装置の機構上、投入した樹脂が粉砕機から排出されるまでに複数回破砕される。このため、粒径の大きい物が排出されにくいと思われるが、粉砕刃間隔を変化させても、あまり差が見られないのは、粉砕刃に施された三角状の刃（幅2mm高さ1mm）の形状に依存するため、これ以上の細かい粉砕を行うのは難しいと考えられる。

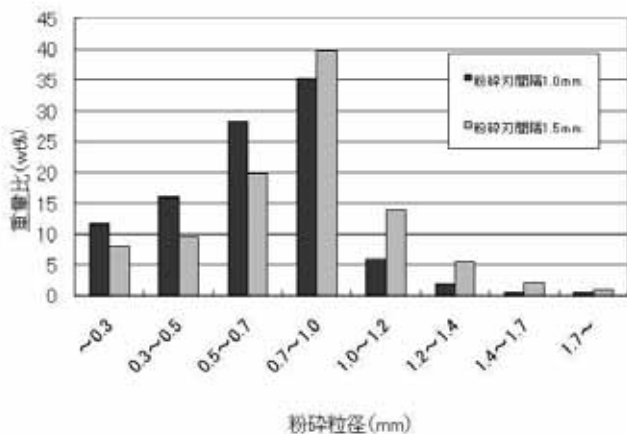


図13 圧縮せん断型粉砕実験結果

3種類の微粉砕装置を試作した結果を表2に示す。各装置とも特徴があるため、使用用途に合わせた粉砕方法を用いるのが望ましい。

表2 3種類の試作した粉砕装置の比較

	圧縮型	せん断型	せん断圧縮型
粒径の細かさ	△	◎	○
粒径の均一性	△	◎	○
粒径の変更	◎	△	○
粉砕速度	◎	△	○

4. 結言

現在、プラスチック工場から排出され、その殆どが廃棄処理されている熱硬化性樹脂について、減容化および再利用化を目的に粉砕、分離技術について試験、試作を行い以下の知見を得た。今後は、細かく粉砕した樹脂を用いて、再利用について検討を行う。

- (1) 金属製品を含んだ製品を粉砕したものを、試作した風力による分離装置を用いることで、金属部と樹脂部の分離ができた。
- (2) 圧縮による粉砕装置を試作し、熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂を1mm程度に粉砕することができた。
- (3) 圧縮とせん断力による粉砕装置を試作し、熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂を1mm程度に粉砕することができた。
- (4) 市販されている熱可塑性樹脂用の粉砕機を改良し、剛性や耐摩耗性の高い市販工具を用いた粉砕刃を試作し、熱硬化性樹脂であるフェノール樹脂を1mm程度に粉砕することができた。

参考文献

- (1) 西村通喜, 他: プラスチック廃棄物の粉体化技術の開発と廃プラスチックの再利用化の促進(第1報), 平成20年度山梨県富士工業技術センター業務・研究報告, P.25-28 (2009)