

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3報）

西村 通喜・山田 博之・吉村 千秋

Development of technology a powder body of the plastic waste, Promotion of recycling of plastic waste (3rd Report)

Michiyoshi NISHIMURA ,Hiroyuki YAMADA and Chiaki YOSHIMURA

要 約

工場から排出される熱硬化性プラスチック廃棄物の有効利用を目的に、充填剤としての再利用や、再資源として樹脂成分の抽出を行う前処理としての熔融の検討を行った。その結果、1mm 以下に粉砕した再利用樹脂を混合し、成形した製品の強度低下を確認できた。また、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂も植物油中で融解することが判明し、今後、再資源化の可能性が示された。再利用を行う場合は、昨年度まで開発を行ってきた熱硬化性樹脂の粉砕技術が重要であることがわかった。

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¹⁾。熱可塑性樹脂の再利用は、様々行われているが、熱硬化性樹脂の場合、ほとんど行われていないのが現状である。

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る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。

昨年度までに、熱硬化性廃プラスチックの粉砕装置の試作を行い、1mm以下の粉末状に粉砕することが可能となった^{2),3)}。本年度は、粉末状に粉砕した熱硬化性廃プラスチックを新品樹脂の充填材として再利用することや、樹脂を再資源化を行う前処理として植物油を用い融解することを目的とした。

2. 再利用化実験

2-1 実験試料

実験に用いた樹脂は、ジアリルフタレート樹脂（住友ベークライト（株）製：スミコン AM-312）、フェノール樹脂（日立化成工業（株）製：スタンドライト CP-J-282）の2種類である。再利用の樹脂は、一度成形を行った後に、図1の粗粉砕機で粉砕した後、図2の微粉砕機で粉砕を行った粉末をふるい分けしたものを用いた。新品樹脂と再利用樹脂の混合割合を表1に示す。A～Jはジアリルフタレート樹脂、K～Tはフェノール樹脂で、A、Kは新品樹脂100%、B～F、L～Pは0.5mm以下に粉砕した再利用樹脂を段階的に混合し、G～J、Q～Tは0.5～1.0mmに粉砕した再利用樹脂を段階的に混合した。なお、再利用に用いた樹脂は、同種類の材料を混合している。

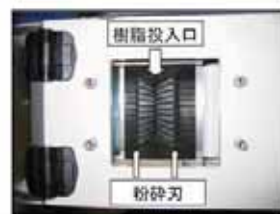


図1 粗粉砕機概要



図2 微粉砕機概要

表 1 混合割合表

試料	使用樹脂:ジアリルフタレート樹脂			試料	使用樹脂:フェノール樹脂		
	新品樹脂 (~1.0mm)	再利用樹脂粒径 (~0.5mm)	再利用樹脂粒径 (0.5~1.0mm)		新品樹脂 (~1.0mm)	再利用樹脂粒径 (~0.5mm)	再利用樹脂粒径 (0.5~1.0mm)
A	100	0	0	K	100	0	0
B	95	5	0	L	95	5	0
C	90	10	0	M	90	10	0
D	80	20	0	N	80	20	0
E	70	30	0	O	70	30	0
F	60	40	0	P	60	40	0
G	90	0	10	Q	90	0	10
H	80	0	20	R	80	0	20
I	70	0	30	S	70	0	30
J	60	0	40	T	60	0	40

(単位:w%)

強度試験用に用いる試験片は、埋込試料作製の油圧式手動プレス装置（リファインテック（株）製：MPB-321）を用い、圧縮成形し作製した。試験片は、重量 10g、試料寸法は直径 38.1mm、厚さ約 6.2mm（ジアリルフタレート樹脂）、約 4.6mm（フェノール樹脂）の円板状である。

衝撃試験に用いる試験片は、工業用圧縮成形機を用い、JIS K 6911 のシャルピー衝撃試験用試験片に準拠した形状に圧縮成形し製作した。

2-2 実験方法

2-2-1 強度試験方法

各種材料の強度の比較を行うために、図 3 のように作製した治具を用い、材料試験機（(株)島津製作所製：AUTOGRAPH AG-50kNIS）で、0.5mm/min の速度で圧縮試験を行い、最大強度の測定を行った。

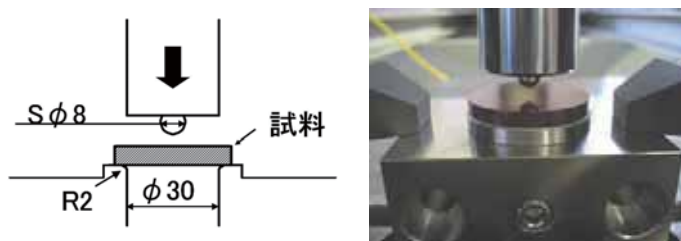


図 3 強度試験治具概要

2-2-1 衝撃試験方法

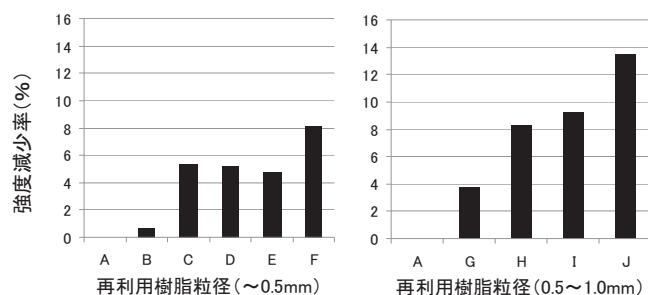
各種材料の衝撃強度を測定するために、衝撃試験機（(株)東洋精機製作所製：デジタル衝撃試験機 DG-CB）を用いて、衝撃試験を行った。試験条件は、JIS K 6911 に準拠した方法で行い、使用した秤量は 4J である。

2-3 結果および考察

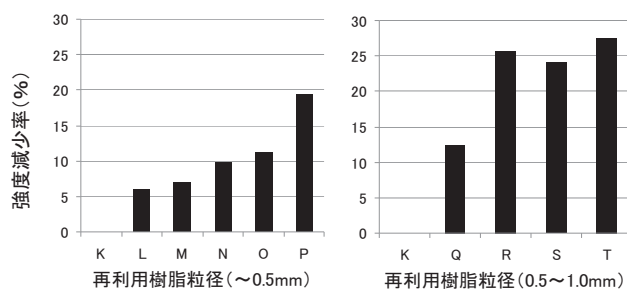
2-3-1 強度試験

各種材料の最大強度を測定し、100%新品材料（A、K）に対する強度減少率を図 4 に示す。この結果より、ジアリルフタレート樹脂は、再利用樹脂が 40%混合しても強度低下は 15%以内と少ない事がわかった。また、再利用樹脂の粒径を 0.5mm 以下に粉砕してあれば、再利用樹脂の混合割合が 40%であっても、強度低下は 10%以内であった。フェノール樹脂は、再利用樹脂の混合割合が 40%で、強度低下が 28%であり、ジアリルフタレート樹脂と比較して強度低下が大きいことがわかった。

両樹脂共に再利用樹脂の割合が多くなると強度が低下することがわかった。また、再利用樹脂の粉砕粒径が小さいと強度低下が少ない結果となった。これは、熱硬化性樹脂は、加熱による再溶融が起こらないため、再利用樹脂は新品樹脂の充填材としかなりえない。このため、粉砕粒径が小さいほど、混合が均一に分散され、接合面に応力集中が起こりにくく、強度が比較的に大きいのではないかと推察される。



(a) ジアリルフタレート樹脂

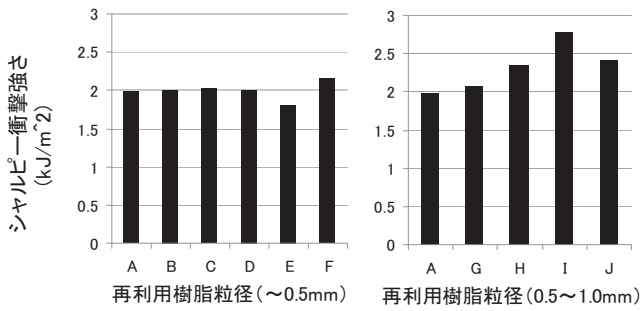


(b) フェノール樹脂

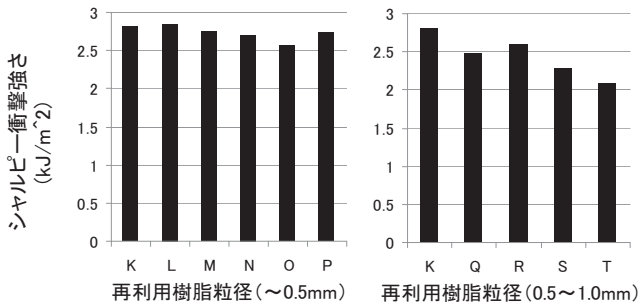
図 4 強度試験結果

2-3-2 衝撃試験

各種材料の衝撃試験の結果を図 5 に示す。両樹脂とも再利用樹脂粒径を 0.5mm 以下に粉砕していれば、20%混合してもほぼ変化はない結果となった。また、フェノール樹脂の場合は、強度試験とほぼ同様に混合割合を多くすると、衝撃強さが減少した。また、混合する粉砕粒径を小さくすると、衝撃強さの低下が軽減された。しかし、ジアリルフタレート樹脂の粒径 0.5~1.0mm 混合の試料に関しては、新品 100%の樹脂よりも強度が増した結果となった。



(a) ジアリルフタレート樹脂



(b) フェノール樹脂

図5 衝撃試験結果

3. 溶融実験

3-1 実験試料

実験に用いた樹脂は、2-1 節で示した樹脂と同じジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂の 2 種類である。樹脂はどちらも新品材料で、2-1 節と同様に各 10g を円板状に成形した試料を用いた。また、粉碎の有効性を検討するために、ジアリルフタレート樹脂を用いて、図 6 のように同じ総重量 (10g)、同じ試料外径で厚さの異なる試料を作製した。

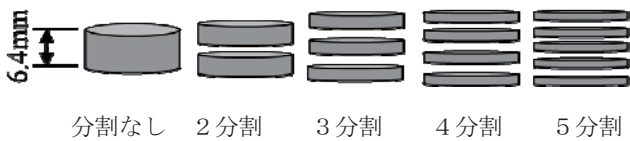


図6 表面積の異なる試料概要

3-2 実験方法

FRP(ガラス繊維強化プラスチック)などに用いられる不飽和ポリエステル樹脂を植物油中で加熱することにより溶融させ、その樹脂成分を抽出し再利用を行う方法が報告されている。⁴⁾⁶⁾この方法を他の樹脂への適用可能性や本方法による粉碎の有効性を調べるために実験を行った。実験装置の概要を図 7 に示す。ヒータで温度を制御した植物油中に熱硬化性樹脂を入れ、攪拌しながら一定時間加熱を行う。実験に使用した油は、植物油(日清オイリオ(株)製:菜種油)を用いた。

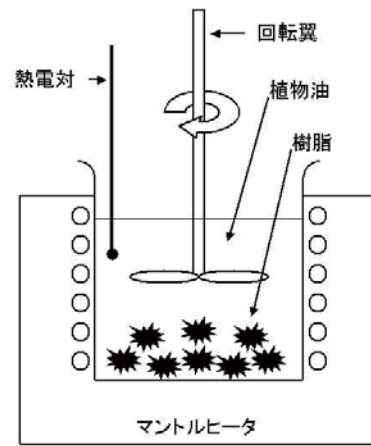
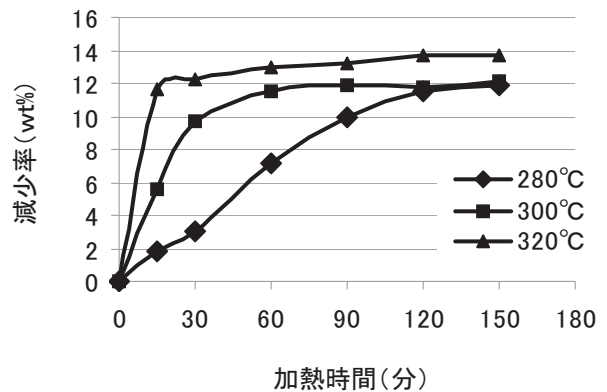


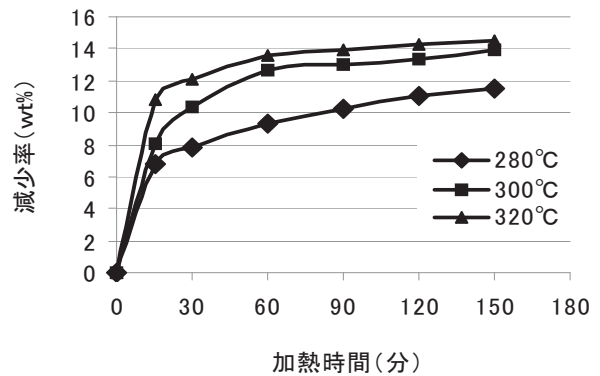
図7 実験装置概要

3-2 結果および考察

植物油の加熱温度の違いによる樹脂の溶融を調べるために、加熱温度を変化させ、分割しない試料の加熱後の試料の重量減少率を調べた結果を図 8 に示す。



(a) ジアリルフタレート樹脂



(b) フェノール樹脂

図8 樹脂溶融試験結果

この結果より、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂とも植物油を用いて加熱溶融が可能であることがわかった。また、両樹脂共に加熱温度を高くすることにより、短時間に多くの材料を溶融できることがわかった。減少率が14%前後であるのは、今回使用した新品のジアリルフタレート樹脂は樹脂割合が20~45%、フェノール樹脂は30~40%と低く、その他は充填材等となっているためであると推察される。

樹脂の粉砕による溶融処理速度の向上を目的に、同じ重量で表面積が異なるジアリルフタレート樹脂の溶融実験を行った結果を図9に示す。この結果、重さあたりの表面積を増やすことで、減少速度が向上する、すなわち、溶融しやすくなることがわかった。しかし、3分割、4分割、5分割の試料では減少速度がほぼ同じであった。これは、溶融状況が表面から部分的に徐々に溶融し、1mm程度の凹凸となり進んでいるためと推察される。このため、溶融速度を向上するために樹脂の粉砕を行う場合は、2mm程度以下まで粉砕すれば効果的である結果となった。

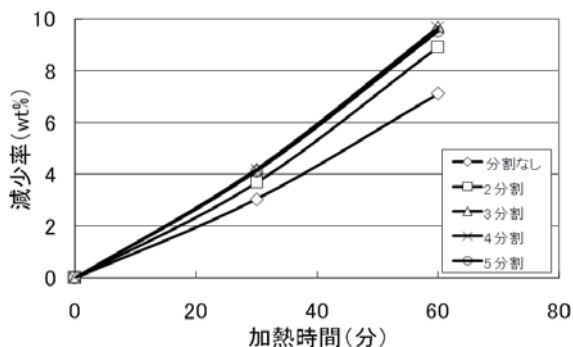


図9 ジアリルフタレート樹脂溶融実験結果 (280°C)

4. 結 言

工場から排出される熱硬化性プラスチック廃棄物の有効的な利用法を目的に検討を行い、以下のような成果を得た。

使用した樹脂を粉砕し、充填材として再利用した場合

- (1)20%以内の混合率では強度低下は10%以下であった。
- (2)再利用樹脂の粉砕粒径が小さいほど、強度低下が少ない。
- (3)混合率20%以内で粉砕粒径が0.5mm以下であれば、衝撃強さの低下は10%以下であった。

樹脂を植物油中で溶融し、再資源化につなげる実験の場合

- (a)ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂ともに植物油中で溶融することがわかった。
- (b)樹脂の溶融は、温度が高いほど、減少率、溶融速度が速く、120分程度加熱すれば充分であることがわかった。
- (c)樹脂の溶融は2mm以下に粉砕することが有効であることがわかった。

本研究を遂行するにあたりご協力いただきました金邦化成株式会社駒谷昌文氏に感謝いたします。

参考文献

- 1)経済産業省：化学工業統計 (2010年)
- 2)西村通喜他2名：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)，山梨県富士工業技術センター研究報告書，25-28(2008)
- 3)西村通喜他2名：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)，山梨県富士工業技術センター研究報告書，50-54(2009)
- 4)佐野慶一郎：廃棄ガラス繊維繊維強化プラスチックの再生処理に関する研究，山梨県環境科学研究所年報，Vol.7, P.77 (2003)
- 5)佐野慶一郎他5名：廃棄FRP(ガラス繊維繊維強化プラスチック)の再生処理に関する研究，山梨県環境科学研究所年報，Vol.8, P.66 (2004)
- 6)佐野慶一郎他9名：廃棄FRP(ガラス繊維繊維強化プラスチック)の再生処理に関する研究，山梨県環境科学研究所年報，Vol.9, P.61 (2005)