

18. ペットボトルとワンウェイガラス瓶の有効利用

Researches on Utilization of PET Bottle and One-way Type Glass Bottle

久保井 利達^{*}・久保井 徳洋^{**}・西田 一彦^{***}

Yorimichi KUBOI, Norihiro KUBOI, Kazuhiko NISHIDA

ABSTRACT; We must investigate how to reduce the one-way type drink container, because it is the main reason of the rapid increase of trash in life system recently. We examine one-way glass bottle and PET bottle as study object from researches.

As the biggest problem, these capacities are very big. We must examine a method to decrease these capacities. We investigated how we could subdivide one-way glass bottle and PET bottle safely in order to recycle. The best method is to subdivide glass bottle by heat shock. We can adjust a size of glass pieces broken by temperature of heat shock. We investigated whether we could use them as construction materials. Maximum of unconfined compression strength of the mixture was 18.2 MPa. Unconfined compression strength of heat mixture depends on the grain size of mixing glass pieces and the content of mixing PET pieces. Heat mixture of PET pieces and one-way type glass pieces can be utilized as construction materials effectively.

KEYWORDS; one-way type glass bottle, PET bottle, recycle, heat shock, grain size

1. はじめに

最近、生活系一般廃棄物のなかでは包装容器系の廃棄物の増加が著しい。とくにゴミ急増の主因であるワンウェイ型包装容器の廃棄物をいかに減らすかを考え、ゴミを減量化することがさし迫った社会的ニーズとなる。ワンウェイ型包装容器の廃棄物が含まれている問題を調査する。ゴミ急増の主因であるワンウェイ型包装容器にはガラス瓶・缶・PETボトル・紙パックなどがある。その中で、缶・紙パックについては再利用方法が確立されている。地球規模の環境問題が世界的に問題になっている現在、身近なワンウェイ容器から環境問題の解決に取り組まなければならない。ゴミ処理対策としては、リサイクルでは不十分であり、プレサイクル原理を採択し、ゴミゼロ社会の構築をめざす必要がある。^{1), 2)}

ワンウェイ型飲料容器の廃棄物が含まれている問題を調査して、研究の対象を廃棄されたペットボトルとガラス瓶のワンウェイ容器の2種類とした。廃棄する場合、これらの容積を減量することを考え、これらを細分化する方法を検討する。細分化した試料の基本的性質を調べ、これらの有効利用について検討する。これらを再利用するため、材料となる粒子状に如何に安全に細分化できるかどうか検討し、最善の方法を提案す

^{*}和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 Department of Civil Engineering, Wakayama National College of Technology, 77 Noshima, Nada, Gobo, Wakayama, 644-0023. ^{**}和歌山工業高等専門学校機械工学科 Department of Mechanical Engineering.

^{***}関西大学工学部土木工学科 Department of Civil Engineering, Kansai University, 3-3-35 Yamate, Suita, Osaka, 564-0073

る。つぎにペットボトルとガラス瓶の細分化した試料を混合して、加熱融合による方法で製品を作製し、建設材料として使用できることを明らかにする。そして、これらを廃棄するのではなく、容積の減量と同時に有効利用できる1方法を提案するものである。

2. 調査

(1) 廃棄物の急増

昭和60年の円高以降、廃棄物が急増している。産業廃棄物はいうにおよばず、一般廃棄物も異常に増えている。一般廃棄物では、事業系一般廃棄物の伸びが目立つが、生活系一般廃棄物のなかでは包装容器系の廃棄物の増加が著しい。特に、缶・紙パック・プラスチックなどの使い捨て型ワンウェイ包装容器の廃棄物が増えている。生産・流通構造の変化や生活様式の多様化にともなって、ワンウェイの包装容器の割合が増えており、それらがほとんどすべて廃棄物として出てきてしまうところに最大の問題がある。

(2) リサイクル・リユース

ワンウェイ包装容器をゴミとしては出さずに、100%リサイクルすることが求められてくる。そして、そのリサイクルよりも大事なこととしてリユース（再使用）がある。何回でも再使用できるリターナブルのガラス瓶をもう一度再評価する必要がある。^{3), 4)}

(3) 調査結果

ゴミ急増の主因であるワンウェイ型包装容器の廃棄物をいかに減らすかを考え、ゴミを減量化することがさし追った社会的ニーズとなる。ワンウェイ型包装容器の廃棄物が含まれている問題を調査して、以下の結論を導き出した。

- 1) 缶・紙パック・プラスチックなどの使い捨て型ワンウェイ包装容器の廃棄物が増えている。
- 2) ゴミ急増の主因であるワンウェイ型包装容器の廃棄物を減量化することがさし追った社会的ニーズとなる。
- 3) ゴミ急増の主因であるワンウェイ型包装容器（特に飲料容器）にはガラス瓶・缶・PETボトル・紙パックなどがある。
- 4) 本研究の対象をワンウェイガラス瓶とPETボトルとする。
- 5) これらの容積を減量・再利用する有効利用方法について検討する。

以上のことをふまえ実験をスタートする。

3. 実験

3.1 試料の細分化

(1) PETボトル

PETボトルを和歌山高専校内のゴミ廃品置場から回収した。まず、PETボトルのキャップをはずし、次に、ラベルを剥がす。PETボトルの中を軽く水洗いして、乾燥さす。そして、PETボトルをカッターナイフと押し切りで裁断する。このPETボトルを細分化するのに、非常に力と時間を要し、困難な作業である。本校の近くの御坊市清掃センターで、PETボトルの回収と細分化を行っていることを知り、見学に行った。そこで、清掃センターに協力をいただいて、今後、PETボトルの細分化試料を提供していただけるようになった。

御坊市清掃センターでのPETボトルの選別・粉碎設備・洗浄乾燥設備・回収工程を示す。

選 別：①分別-----目視で塩ビ，カラー不適のボトル除去，②キャップ，ラベル除去-----手作業除去，
③塩ビネジ部除去-----カッターで除去，④目視検査-----目視で異物除去
粉碎設備：①投入コンベア-----P E Tボトルを粉碎機に投入，②粉碎-----フレーク状に粉碎，
③分離-----微粉を分離回収，④空送-----フレークを洗浄機へ空気輸送
洗浄乾燥設備：①一次洗浄----水でもみ洗い汚れ除去，②二次洗浄----温水でもみ洗い，残留糖分，油分を除去
③高速脱水----遠心式で高速脱水，④乾燥----熱風でフレークを乾燥
回 収：①サイクロンにて空気とフレークを分離して回収，フレコンで受ける

(2) ガラス瓶

ワンウェイガラス瓶を和歌山高専校内のゴミ廃品置場から回収した。まず，ガラス瓶のキャップをはずし，次に，ラベルを剥がす。ガラス瓶の中を軽く水洗いして，乾燥さす。そして，ガラス瓶をマントルヒーター炉の中に入れる。そして，炉内の温度を 100，150，200，250，300，350，400℃の 7 段階で加熱する。各温度で 10 分以上保持し，各試料が十分その温度になったところで，炉から取り出し，すぐ，冷水槽に投入する。このときの温度差によりガラス瓶を割ることにした。この原理は熱衝撃である。しかし，これだけではガラス瓶に非常に細かい無数のひびが入るが細分化しない。さらに，このあと無数にひびの入っているガラス瓶を布に包んで軽く足で踏みつぶす。残りの大きい破片は木槌で軽くたたきただけで細分化する。
熱衝撃を利用してガラス瓶を細分化するときの注意点は試料が非常に高温になっているので火傷しないように気をつけなければいけない。また，ガラス瓶を炉から取り出し，すぐ，冷水槽に投入するとき，ガラス瓶が急に破裂して，破片が飛び散らないように工夫することが必要である。

3. 2 P E Tボトルとワンウェイガラス瓶の両者の結合方法

ワンウェイガラス瓶とP E Tボトル混合物の配合はガラス瓶の重量に対するP E Tボトルの重量を5段階に変化させることにより，(40%，50%，60%，80%，100%)計15種類の供試体を作製する。ワンウェイガラス瓶に対するP E Tボトルの重量比で作成する。

その配合表を表－1に示す。試料の物性より導かれた供試体の作成方法は瓶片とP E T片の混合物を炉にかけ，常温より約300℃まで熱しP E Tのみを溶解する。それをすばやく鉄製型枠に流し込み，1日後の充分冷え固まった後型枠をはずす。供試体寸法は試験規格より50φ－100mmを用いる。一軸圧縮試験方法は供試体に衝撃を与えないように一様な速度で荷重を加える。供試体が0.1%ひずむたびにロードセルの値を読み取る。供試体が破壊するまでに試験機が示す最大荷重を読み取る。

表－1 混合物の配合

ガラス瓶(%)	100	100	100	100	100
ペットボトル(%)	40	50	60	80	100
ガラス瓶の粒径 (9.52～15.9)mm	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
ガラス瓶の粒径 (4.78～9.52)mm	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
ガラス瓶の粒径(0 ～4.78)mm	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5

4. 実験結果と考察

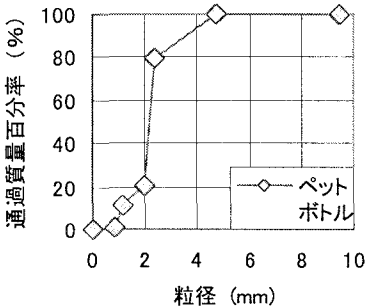
4. 1 試料の細分化

(1) P E Tボトル

P E Tボトルの回収については御坊市清掃センターに協力を求めている。そして，P E Tボトルの回収と細分化



写真－1 P E Tボトルの細分化した試料



図－1 細分化したP E Tボトルの粒度分布

した試料を提供していただいている。PETボトルの細分化した試料を写真－1に示す。写真のPETボトルの細分化した試料について、図－1に示す粒度分布状況を検討する。この細分化されたPETボトルの形状は、大部分が2.0mm～4.75mmの範囲にあることが分かる。また、細分化されたこれらは非常にきれいで高品質である。

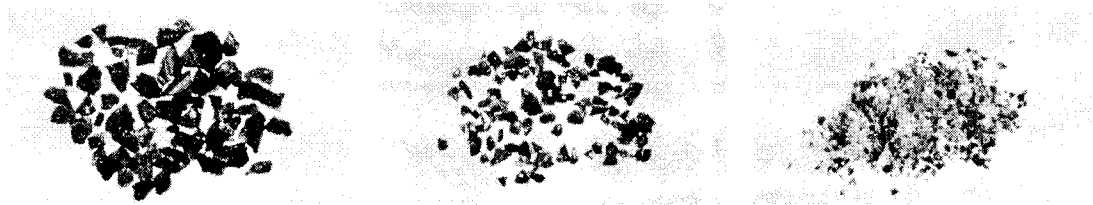
(2) ワンウェイガラス瓶

実験に用いたガラス瓶の熱衝撃温度による割れ状況を写真－2に示す。



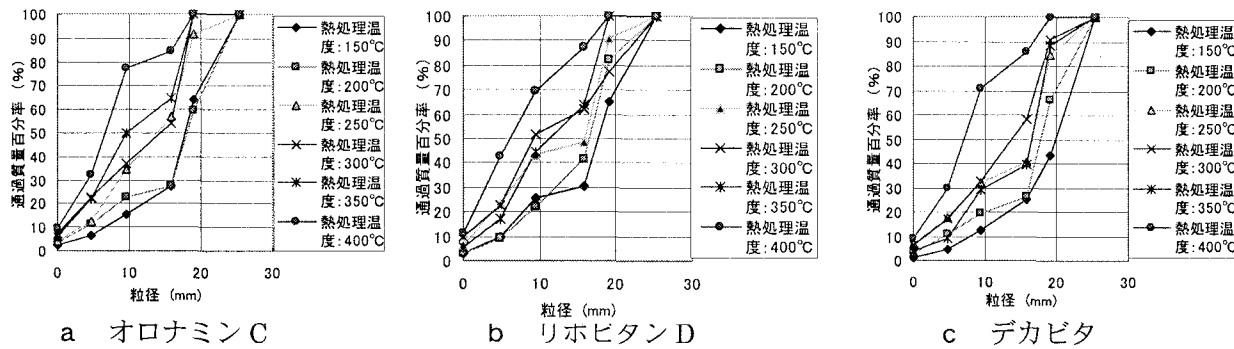
写真－2. 熱衝撃温度による割れ状況

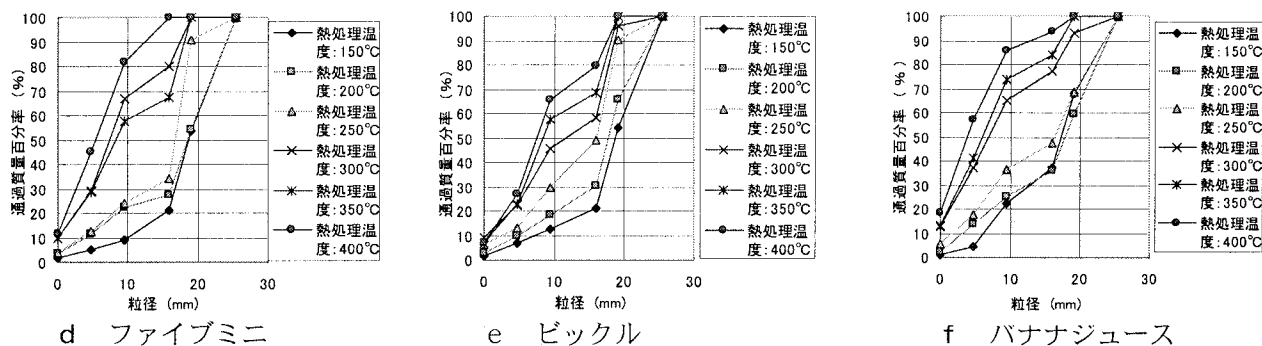
写真－2に示した瓶の細粒化したものを写真－3に示す。



写真－3. 写真－2に示した瓶の細粒化したもの

また、写真－2に示した瓶の細粒化したものの割れ状況を粒度分布として図－2に示す。この図からも熱衝撃を利用してガラス瓶を割り、細粒化するために300℃以上の熱衝撃温度が必要であることがわかる。処理温度を350～400℃にするとガラス破片の粒径が19.1mm以下の粒状体に出来ることがわかる。

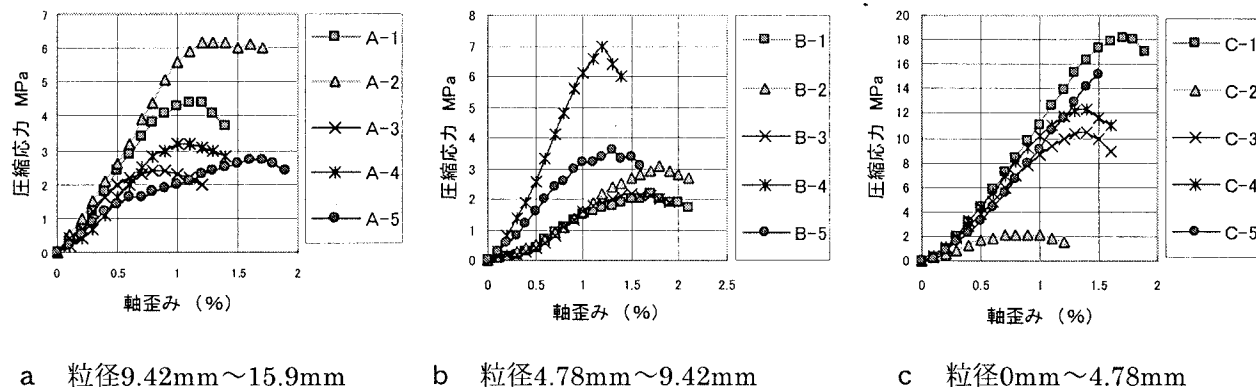




図－2 瓶の割れ状況を示す粒度分布曲線

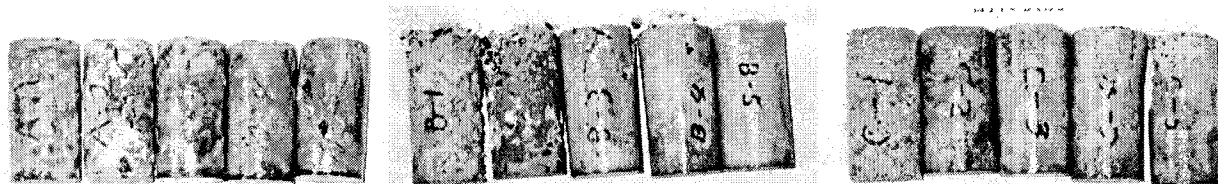
4. 2 混合物の力学的性質

建設材として必要な一軸圧縮強度が得られるかどうかについて実験を行った。一軸圧縮強度試験を行った供試体の一軸圧縮応力と軸ひずみとの関係を図－3に示す。この図から混合物の一軸圧縮応力と軸ひずみとの関係は、混合物の軸ひずみが大きくなると最大一軸圧縮応力も大きくなる。しかし、一軸圧縮応力は軸ひずみが1.0～1.5%の範囲で最大値を得る。このように軸ひずみが大きくなる要因は混入するガラス瓶の粒形の中に無数のひび割れが多く含んでいるからである。そのため、その部分が変形して軸ひずみが大きくなると考えられる。



図－3. 使用した瓶の粒径の供試体強度と軸ひずみ

一軸圧縮強度試験を行った供試体の試験後の様子を写真－4に示す。この図から各供試体は表面が滑らかで、陶器のように光沢があることがわかる。そして各供試体の強度発現も頷けると思われる。



写真－4. 使用した瓶の粒径と一軸圧縮試験後の供試体

供試体の密度とPET含有率との関係を図－4に示す。この図から供試体のPET含有率と関係は、供試体へのPET含有率が大きくなると供試体の密度が逆に小さくなることわかる。そして、PET含有率が100%を超えるようになると極端に密度が小さくなることもわかる。これはPETの密度がガラスの密度に比べも小さいので当然の結果と考えられる。しかし、混合物に混入するガラス瓶の粒形の大きい試料を用いると、

混合物の密度も大きくなることがわかる。供試対の密度の大きい値を得る要素は混入するガラス瓶の粒径の大きさに依存していると考えられる。

供試体の最大一軸圧縮応力と密度との関係を図-5に示す。この図から混合物の最大一軸圧縮応力と密度との関係は、混合物の密度が大きくなると最大一軸圧縮応力も大きくなる。しかし、最大一軸圧縮応力が大きい値を得る要素は混入するガラス瓶の粒径の大きさに依存していると考えられる。

最大一軸圧縮応力と混入する PET 含有率の関係について図-6に示す。この図から最大一軸圧縮応力を得る PET 含有率の範囲があると考えられる。これにガラス瓶の粒径の大きさにより、その値も変化していることがわかる。ガラス瓶の粒径の大きさが 9.52~15.9mm のとき PET 含有率は 80~100%，ガラス瓶の粒径の大きさが 4.78~9.52mm のとき PET 含有率は 50~600%，ガラス瓶の粒径の大きさが 0~4.78mm のとき PET 含有率は 40~50% が適当と考えられる。

5. おわりに

ワンウェイ型飲料容器の PET ボトルとガラス瓶を再利用するため、いかに安全にそれぞれを細分化できるか検討した。また、細分化した試料を混合して、混合物を加熱融合してから製品を作製し、建設材料として使用できるか検討した結果、次のような結論を導くことができた。

- (1) PET ボトルを細分化するのは御坊市清掃センターのシステムが良いので、これを利用することにした。
- (2) ガラス瓶を細分化し、粒状物にする一番良い方法は、熱衝撃を利用することである。
- (3) 熱衝撃温度 350~400℃ にすると、割れたガラス破片の断面は丸みを帯びて、身体を傷つけないことがわかった。
- (4) PET ボトルとワンウェイ型ガラス瓶の混合物を加熱融合した製品の最大一軸圧縮応力は 18.2 MPa である。
- (5) 最大一軸圧縮応力は混入するガラス瓶の粒径の大きさに依存している。
- (6) 最大一軸圧縮応力は混入する PET 含有率に依存している。
- (7) 徐冷温度の管理に十分気をつけなければいけない。

以上の結論から、PET ボトルとワンウェイ型ガラス瓶は、建設用材料として有効に利用できる目安が得られた。

参考文献： 1) 安田八十五：包装容器と環境問題

ーゴミ問題からワンウェイ容器を考え直すー，工業材料，第40巻第7号，pp. 21-26, 1994.

2) 丸橋 吉次：プラスチックボトル，工業材料，第40巻第7号，pp. 57-61, 1994.

3) 佐々木 光雄 丸山 滋：瓶（瓶），工業材料，第40巻第7号，pp. 88-95, 1994,

4) 吉野 勝久：飲料容器（ビール，清涼飲料），工業材料，第40巻第7号，pp. 155-161, 1994.

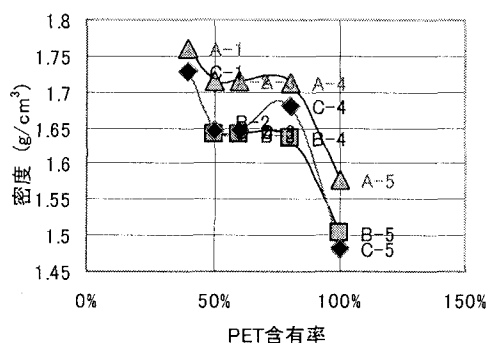


図-4 混合物の密度と PET 含有率との関係

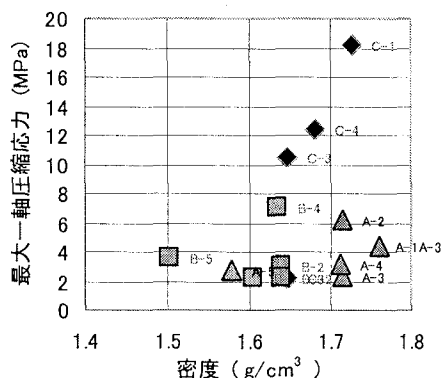


図-5 混合物の密度と最大一軸圧縮応力との関係

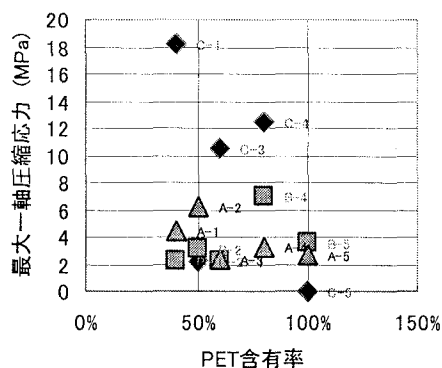


図-6 最大一軸圧縮応力と PET 含有率との関係