

## 303 水中衝撃波を用いたガラス容器の粉碎に関する研究

The high-speed fracture behaviors of glass bottles using under shock wave

正 坂本 英俊 (熊大工) ○正 河邊 真二郎 (熊大院) 佐藤 和幸 (熊大学)  
正 伊東 繁 (熊大工)

Hidetoshi SAKAMOTO, Kumamoto University, 2-039-1 Kurokami Kumamoto 860-8555

Shinjiro KAWABE, Graduate student, Kumamoto university.

Kazuyuki SATOH, Student, Kumamoto University.

Shigeru ITOH, Kumamoto University, 2-039-1 Kurokami Kumamoto 860-8555

*Key word: glass-cullet, Underwater shock wave, High-speed fracture, Recycle*

### 1. 緒言

今日、ガラス製のボトル容器は水・アルコール飲料および薬品の容器として大量に使用されている。そしてこれらのガラス容器の多くは使用後洗浄され、再利用(リターナブル)あるいは破碎しびんの原料になる“カレット”を生成後溶かして再生される。このようにガラス容器のリサイクルには溶かす、溶かさずに関わらず安全性の面から容器内部の洗浄を必要とする。容器形状・内容物が多種にわたるため、これらの洗浄は非常に手間のかかる自動化の困難な作業となっている。そのため、破碎して再利用する割合はコストがかかるためその利用率は65%にとどまっている。また、薬品の容器等はその安全面から破碎後あるいはそのまま埋め立てごみとして破棄されるものも少なくない。

そこで、本研究では粉碎し溶かして再生するリサイクル過程に着目し、“カレット”生成コストの削減と洗浄作業の簡素化を同時に解決する水中衝撃波を用いた破碎手法の検討を行う。そして効率的なガラス製容器のリサイクル手法へ応用を目指す。

この手法は従来の大規模な粉碎機に比べて、1) 設備コストが低いこと、2) 水中(あるいは洗浄液中)で行うため粉塵が外部に飛散せず、かつ破碎物を完全に回収できる、3) 破碎前の洗浄が不要で、破碎後完全に洗浄可能である(薬品容器に対しても適用可能)、4) 破碎・洗浄が連続的に行える、などの利点を有する。

そのため本手法の実用化には、ガラス容器の衝撃破壊挙動の定量的解明が必要である。

そこで、本報告では水中衝撃波の強さと生成されるカレット粒径との関係について検討を行った。

### 2. 実験方法

本実験は水を満たした容器内に置かれたガラス瓶に爆薬による衝撃波を与え、破碎資料を回収し定量測定を行った。

対象材料は個体差が出ないように一般的なビール瓶を用いた。爆薬は導爆線(日本カーリット(株)製、爆速

6308m/s)を使用し、電気雷管で起爆させ水中衝撃波を負荷した。Fig.1, Fig.2 に本研究に用いた実験装置の模式図および防爆容器を上から見た写真をそれぞれ示す。

ガラス瓶を水槽の中に瓶が中空になるように栓をして固定し、長さ350mm( $\angle = 100\text{mm}$ の場合は長さ200mm)の導爆線を Fig.1 のように配置した。

実験条件として、衝撃波圧力強さのガラス瓶の破壊粒径に及ぼす影響を見るために、瓶と導爆線の距離を変化させ、破壊実験を行った。瓶と導爆線の距離 $\angle$ は100mm および 20mm~50mm までを 10mm の間隔で変化させた。

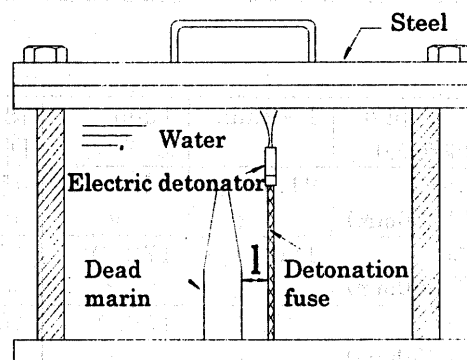


Fig.1 Scheme of experimental apparatus

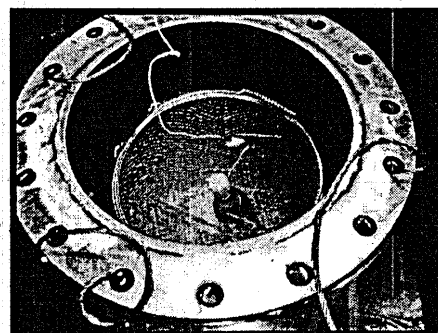


Fig.2 Explosion-proof container

### 3. 結果及び考察

実験後、ガラス瓶を回収して、恒温乾燥炉にて12時間以上乾燥させた。その後、ふるいを用いて粒度分析を行い、距離による破壊粒径の重量分布を比較した。

ガラス瓶の破壊粒度測定にはメッシュ4.75mm, 2mm, 1mmの三種類のふるいを使用した。これらを用いて4.75mm以上, 2mm~4.75mm, 1mm~2mmおよび1mm以下の四段階に分別し、その重量を測定した。その結果をTable 1に示す。

Table 1 Distributions of fracture grain sizes

粒度 爆薬距離(mm)	4.75mm 以上	2~4.75mm
100 (導爆線 200mm)	138.5 g	130 g
50 (導爆線 350mm)	49.3 g	104.6 g
50 (導爆線 350mm)	40.4 g	118.6 g
40 (導爆線 350mm)	47.9 g	112.8 g
40 (導爆線 350mm)	50.5 g	125.5 g
30 (導爆線 350mm)	47.5 g	109.3 g
20 (導爆線 350mm)	22.5 g	82.9 g

粒度 爆薬距離(mm)	1~2mm	1mm 以下	総重量 回収率
100 (導爆線 200mm)	91.6 g	85.4 g	450.3g 95.8%
50 (導爆線 350mm)	126.9 g	172.0 g	452.8g 96.3%
50 (導爆線 350mm)	132.9 g	159.1 g	451.0g 96.0%
40 (導爆線 350mm)	126.1 g	164.9 g	451.7g 96.1%
40 (導爆線 350mm)	127.8 g	139.8 g	443.6g 94.4%
30 (導爆線 350mm)	134.1 g	170.8 g	461.7g 98.2%
20 (導爆線 350mm)	119.8 g	228.3 g	453.5g 96.5%

(瓶重量 : 470.0 g)

また、格子間隔1mmと2mmのふるいを用いて分別したときの重量割合の結果をFig.3に示す。

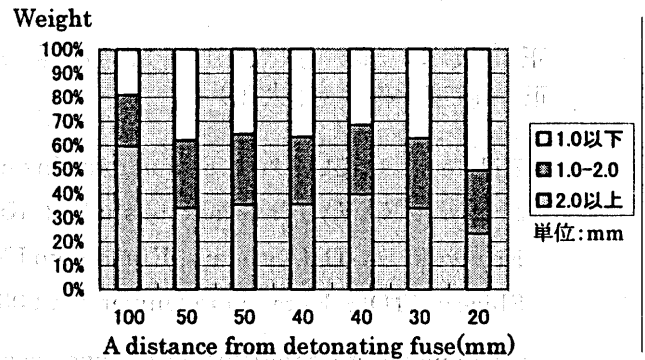


Fig.3 Relation between the distance from detonating fuse and the weight

距離が20mmの場合に粒径1mm以下の粒子が最も多く、100mmの場合がその占める割合が最も小さくなっているが、他は距離が変化しても破壊粒径と距離との関係は多少のばらつきはあるもののほぼ一定となっている。

以上の実験結果から、導爆線を用いてガラス瓶をカレット化できることが確認された。

今後

#### 1) 破壊形態の実験的検証

- a) 破碎粒径に及ぼす爆ごう速度の影響
- b) 詳細な粒径分布
- c) 高速度カメラによる破壊過程の連続観察
- d) 破碎容器の最適設計

#### 2) 析的検討

- a) 破壊力学に基づく脆性材料の高速破壊現象の解明
- b) 実験検証結果の理論的検証
- c) 破壊挙動を支配するパラメータの抽出
- d) 破壊現象のコンピュータシミュレーション

#### 3) リサイクルの多様化に対する破碎粒径コントロール手法の検討

を行い、実用化をめざす。