

Crush Technology of Glass Container using Underwater Shocwave

正 坂本英俊(熊大・院) ○ 河邊真二郎(熊技短) 姫野政弘(熊大院) 正 伊東繁(熊大・院)

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

Shinjiro KAWABE, College of Technology, 4455-1 Haramizu Kikuyo Kumamoto

Masahiro Himeno, Graduate student, Kumamoto University

Shigeru Itoh, Kumamoto University, 2-039-1 Kurokami Kumamoto

1. 緒言

今日、我々は、水、アルコール飲料、薬などの容器としてガラス容器を大量に使用している。これらのガラス容器の多くは、使用后、洗浄され再利用されるか、「カレット」と呼ばれるガラス容器の原料としてリサイクルされる。そこでガラス容器の原料としてのリサイクルに着目し、リサイクルコストを削減するための新たな「カレット」生成技術について検討を行った。

本研究で提案する手法は、爆薬を用いた水中衝撃波を利用して破碎と洗浄を同時に行う手法で、ガラス容器の最適微細破碎条件について種々の実験をおこなった。また光学観察および解析シミュレーションによりそのメカニズムを明らかにした。

2. 実験方法

本実験では、水中で爆薬を爆破し、発生する水中衝撃波をガラス容器に作用させ破碎することにより「カレット」の生成を行う。その後、これらの「カレット」を回収し破碎粒度を4段階で分類した。

Fig.1は、小型円筒水槽(内径300mm、高さ430mm)内にガラス容器とひも状爆薬をセットした概観を示す。水槽内は水を満たしている。Fig.2は小型円筒水槽を上部から見た写真と、この小型容器を爆破実験中格納する大型容器を示す。

供試材には一般的に用いられるビールびん(500ml)を用いた。びんの内部は空気で満たし、爆薬とびん間の距離は変化させた。使用爆薬は、PETN(爆速:6308m/s)、起爆装置には電気雷管を用いた。

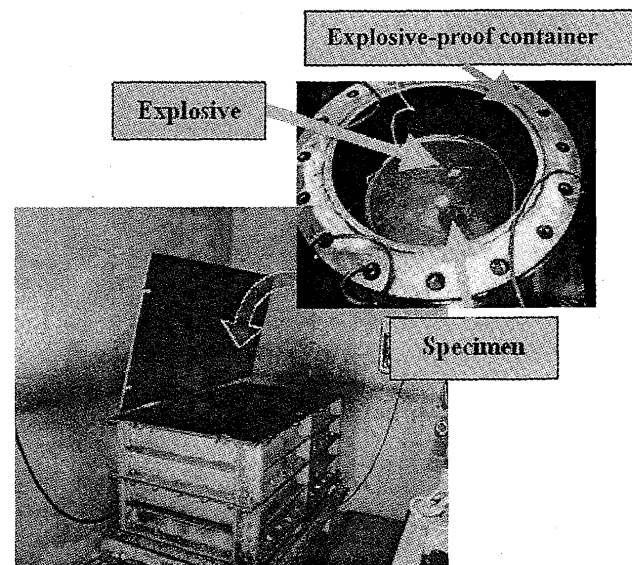


Fig.2 Experimental apparatus

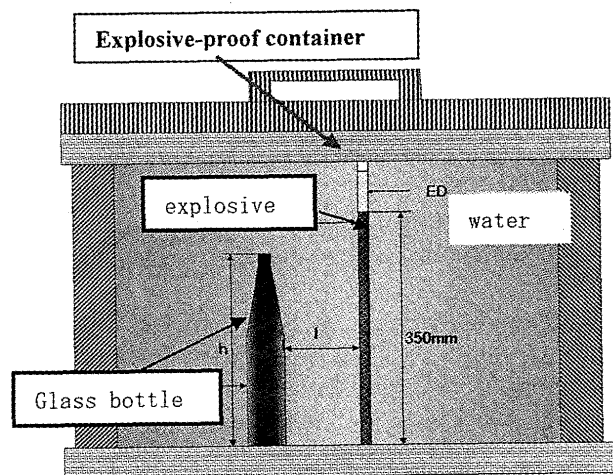


Fig.1 Scheme of explosion proof container (string type of explosive)

3. 結果

水中衝撃波で破碎されたガラス容器は「カレット」として回収し、乾燥後3種類のふるい(2mm, 4.75mm, 1mm)で分類した。分類されたサイズは、4.75mm以上, 2mm~4.75mm, 1mm~2mmと1mm未満とした。それらを粒度別に重量分布として棒グラフで示した。Fig.3は、供試材から爆薬までの距離の影響を示す。Fig.4には3本の供試材を直列に配置した結果と直列に配置した距離に単独に供試材を置いて破碎し、その合計の重量分布の結果を示す。Fig.5は1~6本の供試材を同心円状に配置して行った破碎粒径重量分布を示す。

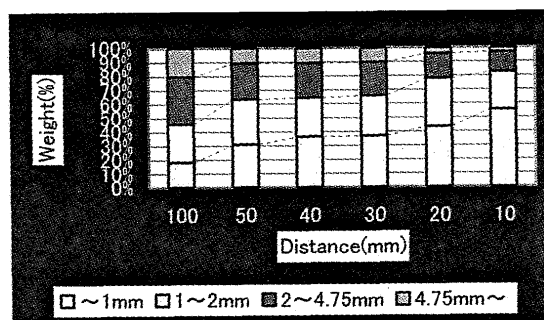


Fig.3 Cullet size distribution (distance effect from explosive)

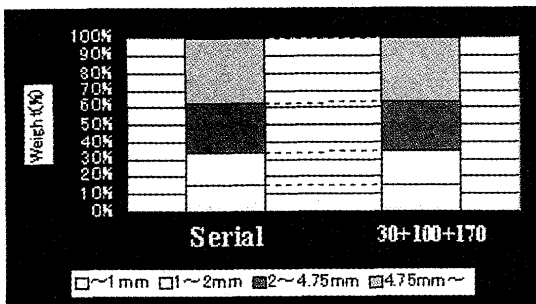


Fig.4 Effect of serial arrangement

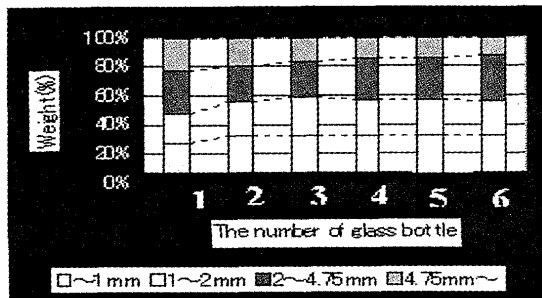


Fig.5 Effect of concentric arrangement

本実験での水中衝撃波とそれにより生じるガラス容器の破碎を視覚化するために、透明アクリルの水槽を用いて破碎実験を行い、高速カメラとキセノン・フラッシュライトを利用した光学撮影を行った。得られた衝撃波の挙動の一例をFig.6に示す。

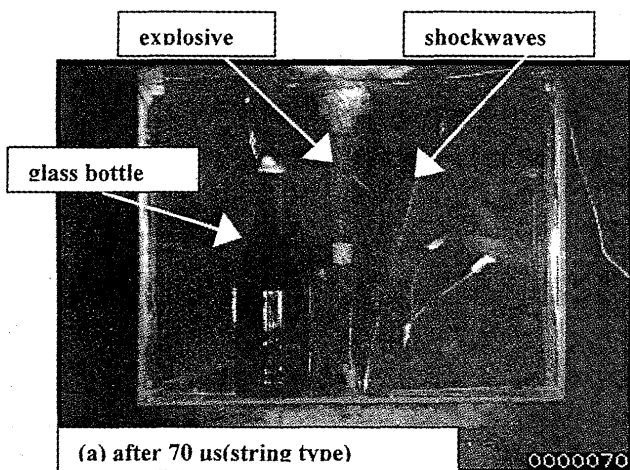


Fig.6 Shockwave behavior by high-speed camera

さらに、有限要素法を用いたシミュレーションソフトLS-DYNAを使って水中衝撃波の挙動とガラス容器の破碎の解析を行った。Fig.7は衝撃波の挙動を、Fig.9, 10は、シミュレーション計算の一例を示す。

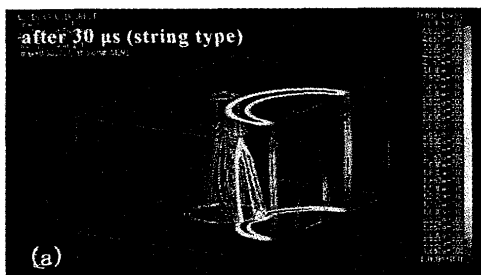


Fig.7(a) Shockwave behaviors by simulation(30μ)

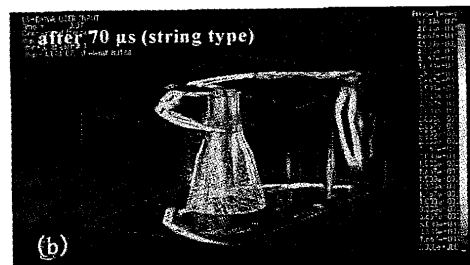


Fig.7(b) Shockwave behaviors by simulation (70μ s)

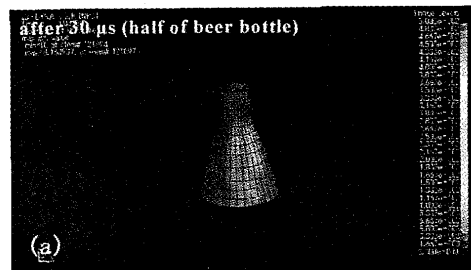


Fig.8(a) Fracture behaviors by simulation (30μ s)

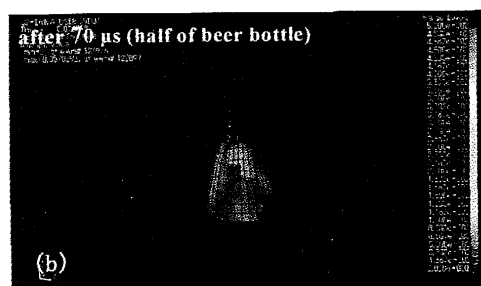


Fig.8(b) Fracture behaviors by simulation (70μ s)

4. 考察

本実験から得られた結果は以下のようなになる。

- 1) ガラス容器と爆薬の距離が短いほど微細粒径の「カレット」を生成できる。
- 2) 「カレット」粒径の分布状態は、ガラス容器を配置する距離に依存し、本数の影響は小さい。
- 3) 水中衝撃波およびガラス容器の高速破碎挙動を、光学実験により確認された。
- 4) 水中衝撃波の挙動とそれにより生じるガラス容器破碎挙動シミュレーション結果は、観察された光学撮影結果とよい一致が見られた。

References

- [1] S. Sakka, The dictionary of glass, Asakura Press Ltd., (1998).
- [2] A.S. Kobayashi, Experimental Techniques in Fracture Mechanics, Society for Experimental Stress Analysis, (1973).
- [3] V.P.W. Shim, S. Tanimura, C.T. Lim, Impact Response of Materials & Structure, Oxford University Press (1999).
- [4] H.Sakamoto, Computational Methods and Experimental Measurements X III WIT Press (2005). P497.
- [5] H.Sakamoto, Proc.of ESHP Workshop on Explosion, Shockwave and Hypervelocity Phenomenon, Kumamoto, Japan(2005), P90.