

## 微小爆発による尿路結石の破碎 (第8報)

### 膀胱結石の穿孔発破用破碎器

生沼仙三\*, 椎野和夫\*, 田中一三\*

石川 昇\*, 飯田光明\*

塩ビ管体に起爆薬類を装填し、その後に点火具を組込んだ構造の破碎器を試作した。破碎実験を行った結果、この破碎器は膀胱結石の穿孔発破用として従来型のものより優れていることが判った。

#### 1. 緒言

膀胱結石の爆薬破碎治療に関して、化学技術研究所で開発した破碎用火工品(破碎器と言う)を使って京都府立医大で臨床実験が行われている。従来は術後1~2週間の入院を必要としたが、これによって2日程度で退院することも可能になった。

これまで使用してきた破碎器<sup>1)</sup>は、ステンレス管の先端に爆薬を装填し、その後に点火具を組込んだ構造のもので、これは結石の表面にその先端をあてがって発破するはりつけ発破用として開発したものである。しかし、このはりつけ発破方式では大きい結石になると破碎が困難になるので、現在は結石に穿孔し、孔の中に破碎器を挿入して発破する穿孔発破方式が採用されている。

この方式ならば、管体は何も丈夫なステンレス管でなくても脆弱なものでも良いように思えるので、塩化ビニールチューブを管体とした破碎器を試作し、性能を検討した。

#### 2. 実験方法

試作破碎器の構造は、従来のも<sup>2)</sup>とほぼ同じである。違うところは、ステンレス管の代りに塩化ビニールチューブ(以後塩ビチューブと言う)を管体にしたことである。即ち、塩ビチューブの一端をエポキシ樹脂(厚さ約1mm)で封じ、その中に爆薬を装填し、その後に点火具を組込んだ破碎器を作製した。

爆薬は、アジ化鉛、トリシネート、及びDDNPを用いた。装填密度は、アジ化鉛の場合 $1.5\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、トリシネートの場合 $1.4\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 、DDNPの場合 $0.8\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.2\text{g}/\text{cm}^3$ である。

このような破碎器を使って、モデル結石の破碎実験を行い、その性能を検討した。比較のために従来型の径3mmのステンレス管体の破碎器を用いたが、この爆薬装填密度は、上述のものと同じである。

モデル結石は、吉野石脊A級50g、アトムペイント製のアクリル系水性塗料(浴室、カベ用)10g、水30gの割合で混合し、球状に成形後、自然乾燥したものを水中で減圧処理し、7日間放置<sup>1)</sup>してから使用した。破碎実験の要領は、孔の径と破碎器の外径との比が1.1で、モデル結石の中心まで穿孔し、その孔の中に破碎器を先端方向から挿入し、これまでの報告で述べた方法<sup>1)</sup>に従い、水中で発破した。

使用した爆薬のガスエネルギー( $\gamma$ )は、あらかじめ各種薬量の異なる従来型破碎器で、これに着火した時に生ずる爆発ガス球の脈動周期( $T_B$ )を圧電素子を使って測定し、下式<sup>3)</sup>により求めた。

$$\gamma = 6.84 \times 10^7 P_0^{5/3} T_B^3$$

ここに $P_0$ は、爆発ガス球にかかる静水圧である。

#### 3. 実験結果と検討

まず、外径2.6mm内径2.1mmの、中硬質の塩ビチューブ製の管体(以後塩ビ管体と言う)に爆薬を装填した破碎器の破碎力を検討した。

そのアジ化鉛入り破碎器による結果はFig. 1、トリシネート入り破碎器による結果はFig. 2、DDNP入り破碎器による結果はFig. 3に示した。比較のために従来型破碎器による結果も共に示した。図の縦軸は装填薬量、横軸はモデル結石の直径の2乗である。結石が大きく二等分以上に割れた場合は破碎されたとして白印、それ以下の場合は破碎不十分として黒印にしてある。印の上下に線が付いているのは従来型破碎器による結果であり、それがないのは試作破碎器による結果である。Fig. 4はその例を示したもので、その(2)は破碎されたとし、(1)と(3)は破碎不十分とした。

昭和59年10月19日受理

\*化学技術研究所保安環境化学部

〒305 茨城県筑波郡谷田部町東 1-1

TEL 0298-54-4785

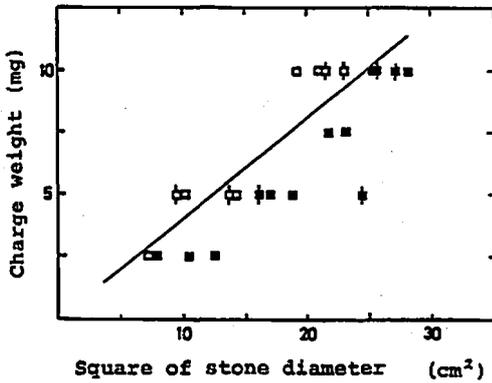


Fig. 1 Confined blasting of the model stone by lead azide. The mark with vertical bar means that the explosive was confined in stainless steel tube (3.0mm $\phi$ ) and without bar in PVC tube (2.6mm $\phi$ ). White or black mark indicates that the stone was crushed or not crushed.

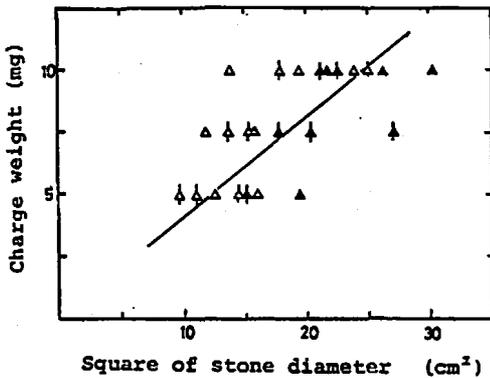


Fig. 2 Confined blasting of the model stone by triciniate. Results are plotted in the same manner as Fig. 1.

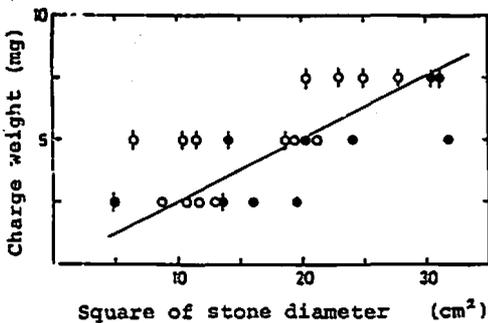


Fig. 3 Confined blasting of the model stone by DDNP. Results are plotted in the same manner as Fig. 1.



Fig. 4 Examples of damaged model stones (4.2 cm $\phi$ ) by confined charge of 5 mg in PVC shell (2.6mm $\phi$ ) set at the center. Here are results by (1) triciniate, (2) DDNP and (3) lead azide. Only the case (2) was designated as "crushed".

以上の結果から、試作塩ビ管体破砕器の破砕力は、いずれの爆薬の場合も従来型の破砕器と変わらず、爆薬の種類ではDDNP入り破砕器の力が最も大で、トリシネート、及びアジ化鉛入り破砕器はそれより劣ることが判った。

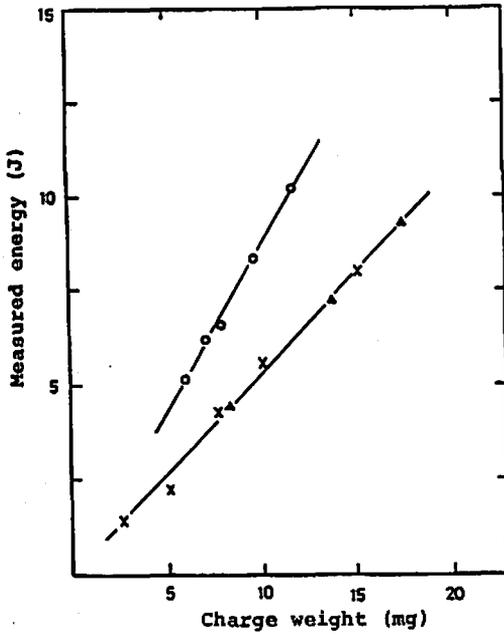


Fig. 5 Gas energy of small quantity of the blaster explosives, measured by the method of underwater explosion.  
 ○ : DDNP, △ : trinitrate, × : lead azide.

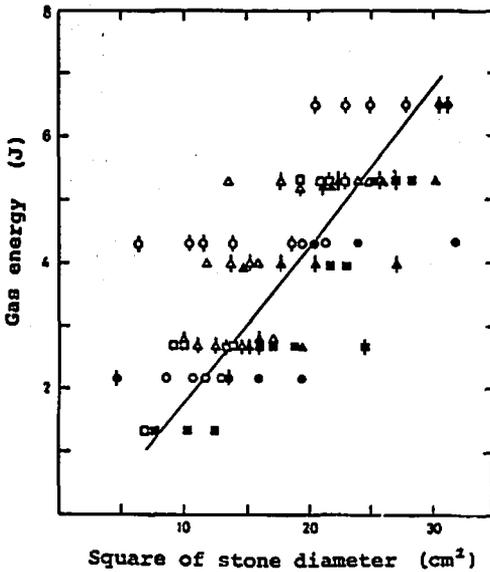


Fig. 6 Relation between the stone diameter and the gas energy of explosive required to crush it. Plots are derived from Fig. 1, 2, 3 and 5.

Fig. 5 は、爆発ガスエネルギーと薬量との関係を水

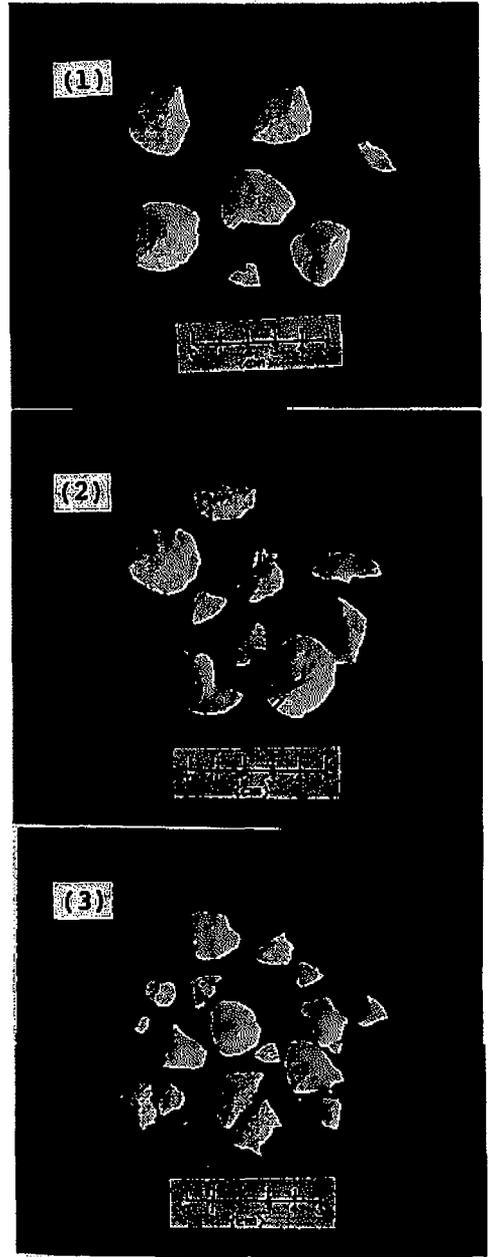


Fig. 7 Fragments of crushed model stones (3.1 cm  $\phi$ ) by confined charge of 5 mg in PVC shell (2.6mm  $\phi$ ) at the center. Upper to lower, by (1) trinitrate, (2) DDNP and (3) lead azide.

中ガス球の脈動周期<sup>3)</sup>から求めたものであるが、上述の薬量とモデル結石の直径の関係で求めた Fig. 1, Fig. 2 及び Fig. 3 の破碎結果を、このガスエネルギーとモデル結石の直径の2乗との関係で書きなおし、

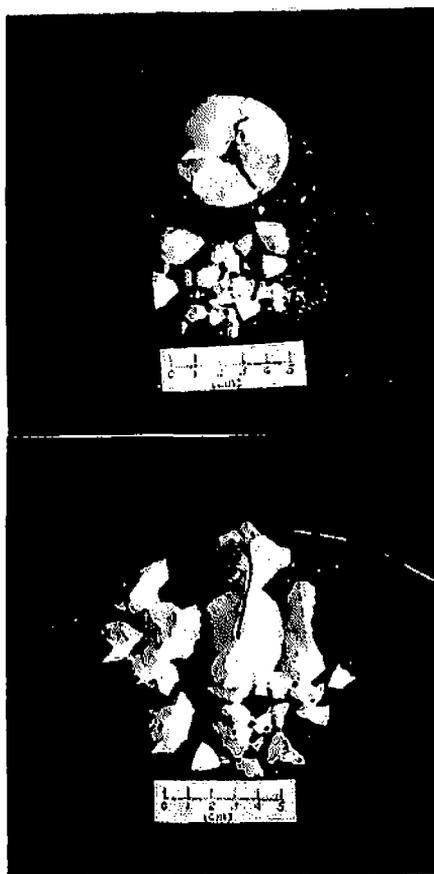


Fig. 8 Comparison of confining material for crushing the model stones (4.4cm  $\phi$ ) by 5 mg of lead azide.

Upper : stainless steel (3.0mm  $\phi$ ), lower : PVC (2.0mm  $\phi$ ).

結石破砕が可能な最小爆発ガスエネルギー点を結ぶと Fig. 6 の直線が得られる。

この結果から、爆薬の種類が違ってもそれが持つ爆発ガスエネルギーが同じならば、上述の判定法では破砕力は同じであることが判る。

一般の岩石の穿孔発破でも爆発ガスエネルギーが破砕に影響することは知られている。破砕にはこの他衝撃作用も関係がある。爆発ガスの作用による場合は大きく、衝撃圧による場合は細かく破砕されると言われている。この実験でも、Fig. 6 の直線の左側の領域になると、アジ化鉛とトリシネートはそれが持つガスエネルギーは同じであるが、衝撃作用が大きいのと思われるアジ化鉛入り破砕器による破砕片の方が小さいことが認められた。DDNP 入り破砕器と比べてもアジ化鉛入り破砕器による方が小片になる傾向が認められ

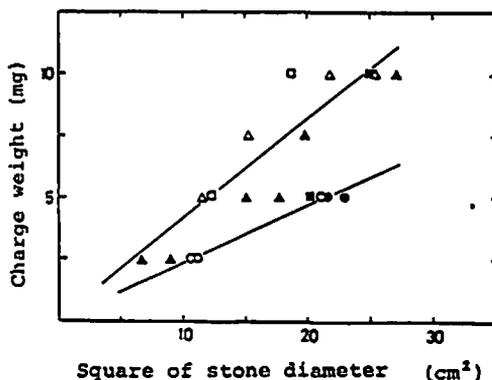


Fig. 9 Relation between the stone diameter and the charge weight of explosive in PVC tube (2.0mm  $\phi$ ) to crush it. Marks are plotted in the same manner as Fig. 1, 2 and 3. Two straight lines correspond to DDNP (lower) and lead azide/tricinate (upper).

た。Fig. 7 にその破砕片の一例を示した。

実際に膀胱内で結石を破砕した後は、尿道から吸引器を挿入して破砕片を体外に取り出さねばならないので、上述の結果から破砕薬としてはアジ化鉛が最も良いことになる。

従来型のステンレス管体破砕器と、試作の塩ビ管体破砕器の破砕力は、上に述べたように変わらないが、結石の破砕状態は異なることが認められた。即ち従来型の破砕器に対し、試作の塩ビ管体破砕器は、破砕器の側面に接する部分を良く破砕し得る。

また、この塩ビ管体破砕器では、単にはりつけ発破を行っても、結石は殆んど破砕されないことが認められた。

このことから、試作の塩ビ管体破砕器は穿孔発破用として使うものとなる。

実際に体内の膀胱結石を穿孔発破するには、膀胱壁に接する反対方向から結石に穿孔し、その孔の中に破砕器を挿入して行うことになる。したがって、その穿孔が深すぎると、従来型の破砕器では前方向に強い衝撃が加わり膀胱壁を傷つけるおそれがあるが、試作の塩ビ管体破砕器では、そのような強い衝撃が加わらないので、このような場合でも膀胱壁を傷つける心配は非常に少なくなる。

Fig. 8 の二つの破砕例は、径 3.0mm のステンレス管体破砕器 (上) 及び 2.0mm の塩ビ管体破砕器 (下) を使って破砕したものである。モデル結石の直径はいずれも 4.4cm で穿孔の深さはいずれも 2.8cm とした。各破砕器の装填爆薬はアジ化鉛 20mg である。明らかに従来型のステンレス管体破砕器では前方が細か

く破砕されている。一方の塩ビ管体破砕器では全体が平均的に破砕されている。このことから塩ビ管体破砕器を使えば、これまで以上に結石破砕が安全に行えるようになると言えよう。

Fig. 9は、上述の外径2.0mm内径1.6mmの軟質塩ビ管体破砕器により、モデル結石を中心穿孔発破した結果である。これは、前述の外径2.6mmの塩ビ管体破砕器の結果と殆ど変わらない。

前にも述べたように、膀胱結石の爆薬破砕治療は、径3.0mmのステンレス管の先端に爆薬を装填した破砕器により行われているが、更に容易に治療できるようにするには、破砕器をセットする内視鏡や石に穿孔するためのドリルを小型にして、これらを膀胱内に挿入する際の患者の苦痛を和らげるようにする必要がある。

それには、破砕器を小型にしなければならないが、従来型のステンレス管体のもものではそれが困難である。ステンレス管体では破裂すると破片が硬いので危険であるからである。その点、塩ビ管体では、管体が破裂しても破片が軟らかいので危険がない。

このような塩ビ管体を使えば、上に述べたように小径で各種破砕力の異なるものが得られるので、これにより内視鏡や穿孔ドリルの小型のものが使えるようになり、膀胱結石の爆薬破砕治療はこれまで以上に容易になるものと思われる。

#### 4. 結 言

膀胱結石の穿孔発破専用破砕器を試作した。

この破砕器は、外径2.6mm及び2.0mmの塩ビ管体にアジ化鉛、トリシネート、及びDDNPを装填し、その後点火具を組込んだ構造のものである。この破

砕器を使って、モデル結石の穿孔発破を行った。その結果、破砕力は従来型のステンレス管体破砕器の破砕力と殆ど変わらないが、結石の破砕状態が異なることが判った。即ち、二つの破砕器を比べると、従来型破砕器では、前方向部分が良く破砕されるのに対し、試作の塩ビ管体破砕器では、側面方向部分が良く破砕される。この結石破砕状態から、実際の膀胱結石を破砕する場合、従来型破砕器では膀胱壁を傷つけるおそれがあるが、塩ビ管体破砕器を使えばその心配はないと思われた。

また、塩ビ管体破砕器は、装薬量が同じならば、その径を小さくしても破砕力は変わらないことが判った。

このように塩ビ管体破砕器では、管径を小さくし得る。したがって、破砕器と併用する内視鏡や穿孔用ドリルも小型のものが使えるようになり、このために、その器具類の膀胱内挿入が簡単になるので、膀胱結石の爆薬破砕はこれまで以上に容易になるものと思われる。

勿論、他種の合成樹脂製管体でも類似の性能の破砕器は得られると言えよう。

#### 付 記

本研究を行うに当たり、化学技術研究所の吉田正典氏の助言を得た。ここに付記して、感謝する次第である。

#### 文 献

- 1) 生沼仙三, 椎野和夫, 田中一三, 飯田光明, 化技研報告 79, 217 (1984).
- 2) 生沼仙三, 椎野和夫, 田中一三, 大森正義, 工業火薬 41, 98 (1980).
- 3) 田中一三, 工業火薬 40, 306 (1979).

Studies on Lithotripsy by Microexplosion (VIII)  
A surgical blaster using a plastic shell.

by Senzo OINUMA\*, Kazuo SHIINO\*, Kazumi TANAKA\*  
Noboru ISHIKAWA and Mitsuaki IIDA\*

A surgical blaster was constructed using a fine polyvinyl chloride tube containing DDNP, trinitrate or lead azide. The blaster can be ignited by an electric igniter. Using the blaster, crush experiments of model stones made of calcium sulphate and plastic hardener were carried out in water. The results showed that the blaster was suitable for the confined blasting of the stones, because that it did not produce dangerous metallic fragments even in the case of increased charge and it could be made in a thinner form compared with that of stainless tube effecting the same results.

(\*National Chemical Laboratory for Industry,  
1-1 Yatabe-cho, Ibaraki-ken, Japan)

---