

MICRO-EXPLOSION に関する研究^{*1)}

—第3報 微小アザイド成形薬—

生 沼 仙 三^{*2)}, 藤 原 修 三^{*2)}

アジ化銀およびアジ化鉛をバインダーにポパールを使って成形し、密度 2 g/ml~4 g/ml、爆速 3500m/sec~6500m/sec、推定爆轟圧 50kbar~350kbar の微小成形薬を得た。

1. 緒言

瞬時に大量のエネルギーを解放する爆薬は、現在、土木、鉱山、金属などの工業部門および超高圧関係の研究手段として利用されている。しかし、これらの利用において使用される薬量は、一般に数グラム以上であり、各種の凝縮系爆薬の爆発現象に関する研究も数グラム以上の薬量に対して行なわれているのが現状である。

著者らは長年、起爆薬や火工品の製造および爆性に関する研究を行ってきたが、これら極く少量(mg量)でも爆発伝播する起爆薬を用いてのマイクロな爆発現象およびその応用分野の開拓を考え、micro-explosion 用爆薬の開発の第一段階として、伝爆最小薬量が極めて小さいと考えられる、アジ化鉛およびアジ化銀を主成分とする爆薬を試作し、これらの爆性を追求した。

2. 試料および実験方法

2.1 アザイド

使用したアジ化銀およびアジ化鉛の平均粒径は、1.1 μ および 2.1 μ である。その結晶形状は、Fig. 1, Fig. 2 の電子顕微鏡写真に示す。

これらのアザイドは、試薬1級の硝酸銀、硝酸鉛、アジ化ナトリウムを原料にし、以下に述べる方法で製造した。

アジ化ナトリウム 4% 水溶液 100ml を攪拌し、これは硝酸銀 10.4% 水溶液 100ml または硝酸銀 10% 水溶液 100ml を 1~2 分間で加え、しばらく放置した後、析出した結晶を分離、水洗し、暗所で風乾した。

2.2 アザイド成形薬の製法

アザイドはそれ自体を圧縮成形することは困難であるので、バインダーを用いて圧縮成形することにした。

バインダーには、デュボン社製のポパール、商品名 エルパノール72-51を使用した。その重合度は2400・ケン化度は 97% である。

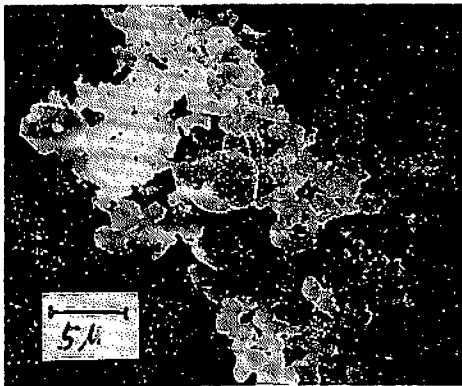


Fig. 1 AgN₃

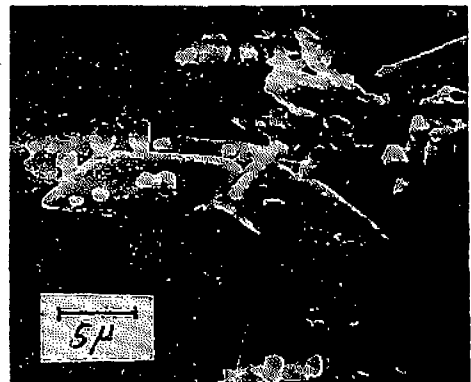


Fig. 2 Pb(N₃)₂

昭和51年 月 日受理

*1) 工業火薬32, 310 (1971) を第1報とし、同誌35, 220 (1974) を第2報とする。

*2) 工業技術院東京工業試験所平塚分室、〒254平塚市西八幡1丁目3-4

アジ化銀またはアジ化鉛 2 g, ポパール 7% 水溶液 0.62 g, 水 1 ml を混合し, エタノール 4 ml を加えてポパールを凝縮させる。次にそのアザイドとポパールの不溶性混合物を分離し, それを直ちに金型に入れ, プレスで圧填し, 薬長 5~10mm, 薬径 1mm, 1.5mm, または 2mm の円柱状に成形し, 成形物を 1~2 週間暗所で風乾した。

2.3 衝撃および摩擦感度

粉状のアザイドやアザイド成形薬などの衝撃および摩擦に対する感度を調べた。

衝撃に対する感度試験は, 東工試製, ハンマー重量 300 g の落つい試験機¹⁾で行なった。アザイド成形薬は, いずれも 0.8~1mm の長さに切断し, その 1 個を平面がアンビル上に接するように置いた。他の試料の場合は, アンビル上に直径 2mm, 高さ 1mm の半球状に置いた。そしてハンマーをその上に落とし, 爆発率を求めた。各落高における試行回数は 10 回であり, 爆否の判定は爆音の有無で行なった。

摩擦に対する感度試験は, BAM 式試験機で行なったが, 摩擦板はその試験機専用のものと同等の朝日碍子製品を用いた。アザイド成形薬の摩擦感度は, 原料の水, エタノールを含む, アザイドとポパールの湿状混合物を乾燥し, それを Fig. 3 のように置いて試験し, その値から推定することにした。他の試料はこれに準じて直接その感度を調べた。各荷重における試行回数は 10 回であり, 爆否の判定は爆音の有無で行なった。

2.4 爆速

測定方法は, イオンギャップ法であり, 時間測定には, 100 MHz のカウンターを使用した。

アザイド成形薬は, 同一密度, 同一径のもの 2~3 個を密に接続し, ギャップ区間長を 12~16mm とし, 薬の周囲はセロテープで被覆し, 固定した。起爆は

常にその端部より点火玉で行なったが, 薬径 1mm の成形薬の場合は, 起爆を確実にするために数 mg のアジ化鉛を併用した。

粉末のアジ化銀およびアジ化鉛の爆速も測定したが, この場合は, 内径 1mm および 2mm, 長さ 50~60mm のシリコンチューブに充填し, 上記方法に準じて測定した。

3. 実験結果および考察

アジ化銀成形薬およびアジ化鉛成形薬の一例を Fig. 4, Fig. 5 の写真に示す。各成形薬のポパール含有量は 2.1% であり, ポパール, アジ化鉛およびアジ化銀の真密度は 1.29 g/ml²⁾, 4.60 g/ml³⁾ および 4.80 g/ml⁴⁾ であるから, 理論的に作り得るアジ化鉛成形薬およびアジ化銀成形薬の最高密度は 4.36 g/ml および 4.54 g/ml であるが, 本実験で得た最高密度のものは, アジ化鉛成形薬 3.30 g/ml (理論密度比 75.6%), アジ化銀成形薬 3.85 g/ml (理論密度比 84.8%) であり, アジ化銀の方が高密度のものが得られた。アジ化鉛, アジ化銀とも約 2g/ml より低密度に成形することは困難であった。

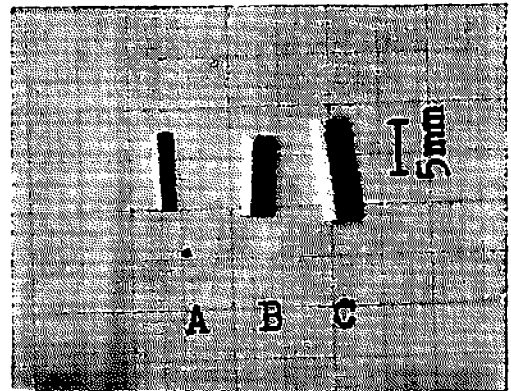


Fig. 4 $Pb(N_3)_2$ pellets

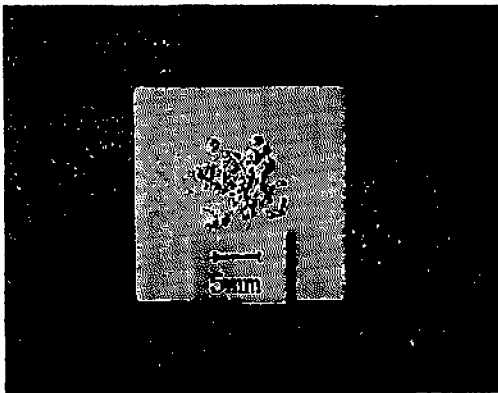


Fig. 3 Sample on Friction plate of BAM tester

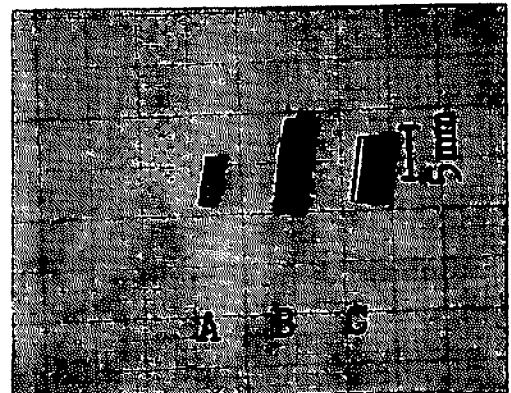
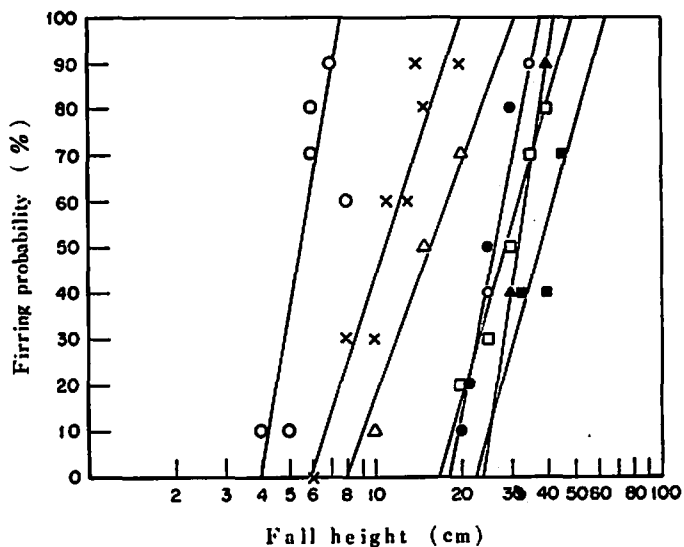
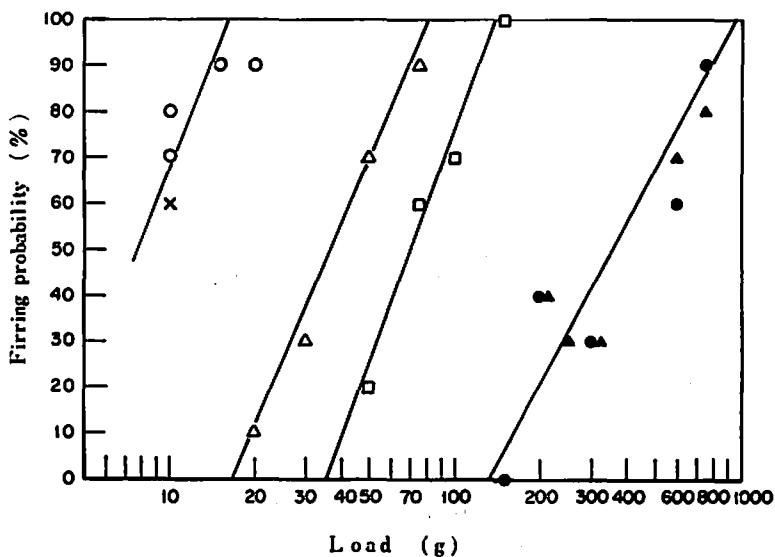


Fig. 5 AgN_3 pellets



- : trisinate powder
- x- : AgN₃ 1.5mm φ pellet, density=2.34-2.49 (g/ml)
- △- : AgN₃ 1.5mm φ pellet, density=2.60-2.73 (g/ml)
- : AgN₃ 2.0mm φ pellet, density=2.06-2.33 (g/ml)
- : AgN₃ 2.0mm φ pellet, density=2.37-2.51 (g/ml)
- : PbN₆ 2.0mm φ pellet, density=1.90-2.09 (g/ml)
- ▲- : PbN₆ 2.0mm φ pellet, density=2.53-2.66 (g/ml)

Fig. 6 Fall hammer test (weight of hammer : 300 g)



- x- : AgN₃ powder, dry
- : PbN₆ powder, dry
- △- : AgN₃ -polyvinyl alcohol mixture, dry
- : PbN₆ -polyvinyl alcohol mixture, dry
- : AgN₃ -polyvinyl alcohol mixture, wet
- ▲- : PbN₆ -polyvinyl alcohol mixture, wet

Fig. 7 Friction test with BAM test machine

アザイド成形薬の落つい試験結果は、比較試料トリシネイトの値と一緒に Fig. 6 に示した。そのプレス成形するまえの水とエタノールを含む、アザイドとポパールの混合物は、いずれも不爆点 40cm 以上であり、本実験使用の試験機では感度を測定できないことが認められた。摩擦試験の結果は Fig. 7 に示したが、プレス成形するまえの水、エタノールを含む、アザイドとポパールの混合物は局部的に爆発し、周囲には伝爆しないことが認められた。

この試験結果から、アザイドとポパールの湿状混合物を成形するに際しては、一応安全であることが推測される。

アジ化銀、アジ化鉛およびアザイド成形薬の各種装填密度における爆速の実測値を Fig. 8, Fig. 9 に示す。薬径効果による爆速の変化およびバインダーの爆速におよぼす効果は測定誤差内にあると考え、最小二乗法により式(1), (2)の $D-d$ 直線関係式を得た。アジ化鉛の場合

$$D=1.245d+0.955 \quad (1)$$

アジ化銀の場合

$$D=1.335d+0.838 \quad (2)$$

ここに、 D は爆速 (km/sec), d は密度 (g/ml) である。

高密度のアジ化鉛については Bowden²⁾ らの測定値 ($d=3.14$ g/ml, $D=5.5$ km/sec) を Fig. 8 に示すが、本測定値と誤差範囲において一致している。一方低密度域におけるアジ化鉛、アジ化銀の $D-d$ 関係には水島³⁾ の測定値がある。すなわち水島は $d=2$ g/ml 以下のアジ化鉛、アジ化銀に対して (Fig. 8, Fig. 9, 参照) (3), (4) の実験式を得ている。アジ化鉛の場合

$$D=0.666d+2.02 \quad (3)$$

アジ化銀の場合

$$D=0.865d+1.85 \quad (4)$$

ここに、 D は爆速 (km/sec), d は密度 (g/ml) である。

これを著者らの得た実験式と比較すると、密度係数に大きな差があるが、これは James⁴⁾, Hornig⁷⁾ らの PETN に関する報告にあるように、低密度域では密度に対する爆速変化が減少することに起因するものであろう。

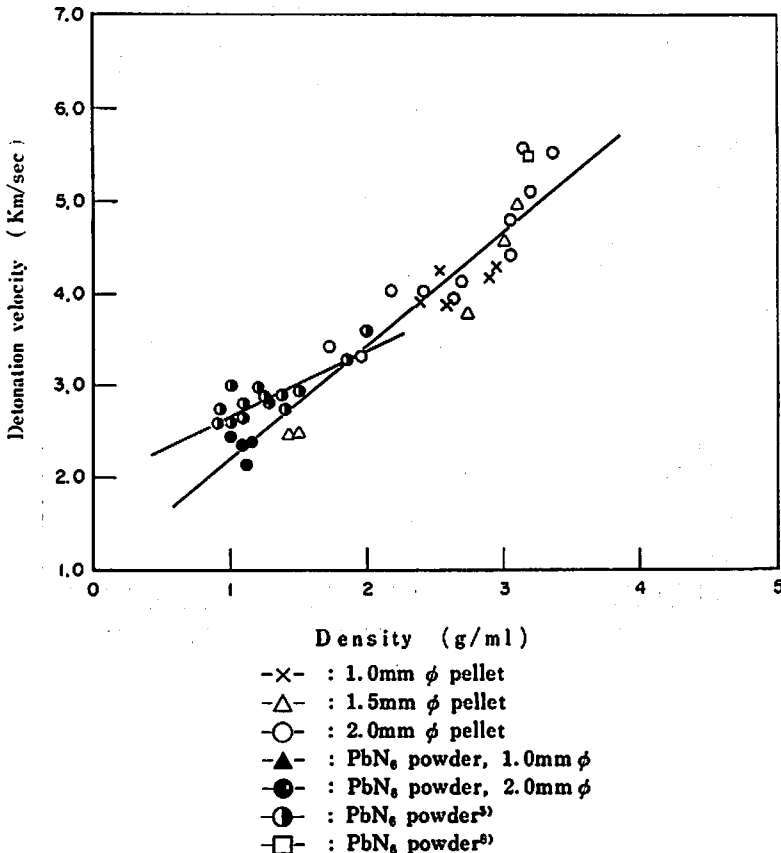


Fig. 8 Detonation velocities of PbN_6 pellets

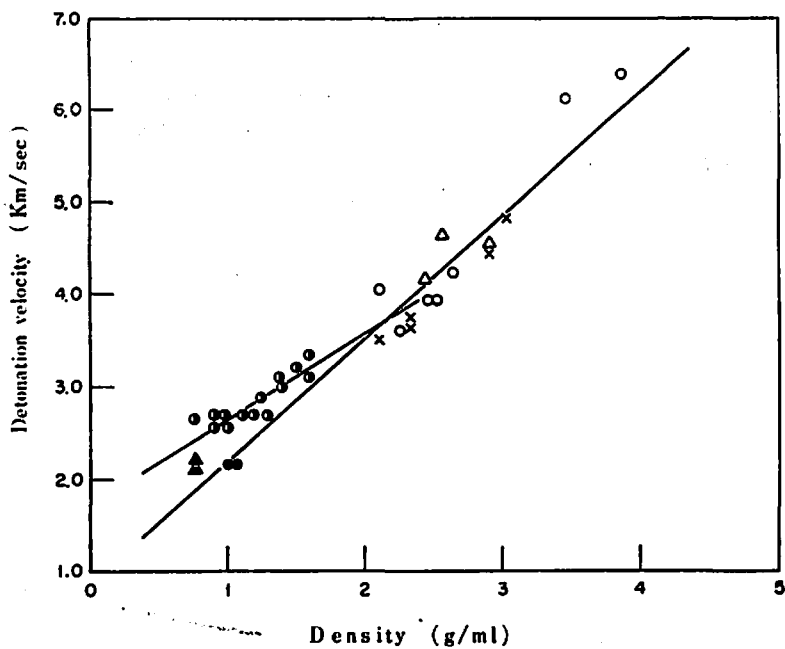


Fig. 9 Detonation velocities of AgN₃ pellets

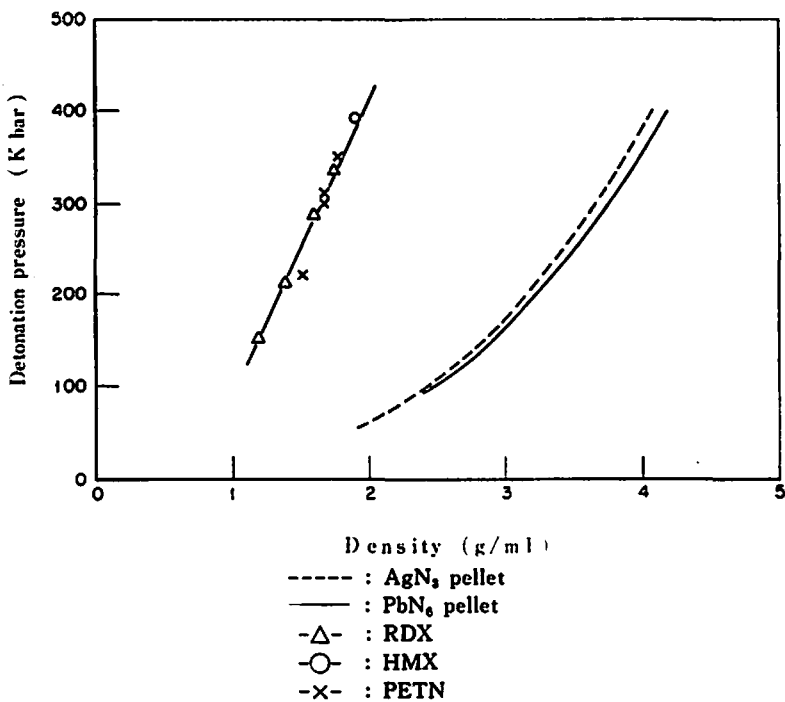


Fig. 10 Detonation pressure

次にアザイド成形薬の爆轟圧を簡略式(5)および(1), (2)を用いて推定した。

$$P \doteq \frac{1}{4} \rho_0 D^2 \quad (5)$$

ここに、 P は爆轟圧、 ρ_0 は薬密度、 D は爆速である。Fig. 10 はその結果を示すものであるが参考のために RDX, HMX, PETN の実測値⁹⁾をも示してある。

本方法で得られるアザイド成形薬の密度は、最高 3.9 g/ml であり、前述の高性能爆薬に匹敵する高猛度を有するものと推定される。

4. 結 語

ポパールをバインダーに使用してアジ化銀およびアジ化鉛の微小成形薬を作り、その爆性を調べた。

アザイド成形薬の密度は 2 g/ml~4 g/ml、爆速は 3500m/sec~6500m/sec、推定爆轟圧は 50kbar~350 kbar であり、高性能爆薬に匹敵する高猛度を有するものと推定された。

そして、その成形薬製造は、湿状で行なうので、比較的安全であることが認められた。

付 記

本研究を行なうに当たり、東工試の水島容二郎、日下部正夫、村田重夫、小水秀男、久永輝明の各氏に協力を得た。ここに厚く感謝するしだいである。

文 献

- 1) 中野義信, 水島容二郎, 工業火薬, 33, No. 2, 95 (1972)
- 2) 中村亦夫, “水溶性高分子” p. 75 (1972), 化学工業社出版
- 3) F. P. Bowder, A. C. McLalen, Nature, 175, 631 (1955)
- 4) J. S. Courtney-Paratt, G. T. Rogers, *ibid.*, 175 633 (1955)
- 5) 水島容二郎, 東工試報告, 59, 204 (1964)
- 6) James L. Austing, Allen J. Tulis, “5th Symposium on Detonation” p. 51 (1970)
- 7) H. C. Hornig, E. L. Lee, *ibid.*, p. 503 (1970)
- 8) M. J. Kamlet, C. Dickinson, J. Chem. Physics, 48, 45 (1968)

Study on Micro-Explosion (III) Pellets of silver azide and lead azide

by S. Oinuma and S. Fujiwara

Pellets of lead azide and silver azide were safely prepared by the following method.

Lead azide or silver azide was mixed with aqueous solution of polyvinyl alcohol and then ethyl alcohol was added. Thus obtained precipitate was molded to cylindrical pellets of 5 to 10mm in length and 1 to 2mm in diameter. The pellets were dried for about 10 days at room temperature. Densities of the pellets were 2 g/ml to 4 g/ml.

Explosive behaviors of these small pellets such as detonation velocity, strength and sensitivity were examined.

(Safety and Environmental Chemistry Division, National Chemical Laboratory for Industry)