

## アジ化鉛含有シート状起爆薬

生 沼 仙 三\*

酢酸鉛のシート状成形物をアジ化ナトリウム水溶液で処理してアジ化鉛のシート状成形物を得る方法を検討し、厚さ 0.7~1.9mm、密度 0.32~1.1g/cc、アジ化鉛含有量 38~77% の目的物を得た。爆速は 1,000~2,600m/sec。このシートより切り出したペレットは PETN 等を起爆することができた。

## 1. 緒 言

起爆薬は一般に火工品に用いられているが、非常に鋭感なものであるから、安全な火工品にするまでの取扱工程数をできるだけ少なくすることが爆発事故防止の面においては必要であろう。

このような方法としては、所望形状の成形物中に起爆薬を生成させればよいことが考えられる。

前報<sup>1)</sup>においては、その研究の一つとして、綿糸、麻糸などのヨリ目や繊維間にアジ化鉛を生成させる方法により小径導爆線の製造を試みたが、本報においては、シート状樹脂成形物中にアジ化鉛を生成させる方法を検討した。そして得たアジ化鉛のシート状樹脂成形物について、起爆薬として利用するに際し、必要と思われる爆速、起爆力、感度などを調べた。

## 2. 実験と結果

## 2.1 材 料

バインダーとして用いた樹脂は、アセチル化度52%のアセチルセルロースと、ブチラール化度 78% のブチラール樹脂である。溶剤は、アセトンとフルフリルアルコールの混合物を用いた。

アジ化鉛は、酢酸鉛とアジ化ナトリウムよりつくった。その酢酸鉛は、試薬1級の3水塩を 70°C で脱水し、冷却後粉碎し、150 メッシュより小さい粒度のものを用いた。アジ化ナトリウムは試薬1級品である。

浸透促進物として、東洋沓紙製、粒度 100~200 メッシュの沓紙粉末（セルローズパウダー）、試薬1級のアセトアミドおよびジエチル尿素を用いた。

## 2.2 原料シートの調製

小径導爆線の場合には、糸のヨリ目や繊維間に硝酸鉛の結晶を含ませ、それをアジ化ナトリウム水溶液で処理して製造したが、アジ化鉛のシート状成形物を作

るには、単に酢酸鉛をバインダーで成形したものをアジ化ナトリウム水溶液で処理しても得られない。アジ化ナトリウムが浸透しないからである。そこで、その浸透を促進させるものに加え、酢酸鉛をバインダーで成形した。その調製法は下記のようなものである。

バインダーを溶剤にとかし、それに酢酸鉛と浸透促進物を加えて混合する。次にその混合物を底の平らなガラス容器に流し込み、乾燥用塩化カルシウム入りデシケーター中に一昼夜静置し、アセトンを除去し、原料シートを得る。

用いた各試料は重量比で、バインダー 3、アセトン 25~30、フルフリルアルコール 0~10、酢酸鉛 3~10、浸透促進物 0~10 である。この際フルフリルアルコールは、高沸点のものであるから塩化カルシウムに吸収されず、用いた量がそのまま原料シートに含まれているものと思われる。

そのシートは、フルフリルアルコールが多くなるにつれてやわらかくなり、酢酸鉛、浸透促進物が多くなるにしたがってかたくなる傾向を示した。そして、アセチルセルロースの代りにブチラール樹脂を用いたものはやわらかいことが認められた。

浸透促進物を含まない原料シート、また浸透促進物としてアセトアミドまたはジエチル尿素を含む原料シートについては、前記成形ガラス容器に付着しているものをそのまま次の処理に供した。沓紙粉末を含む原料シートについては、セロハンシートで被覆した成形ガラス容器で製造したが、原料シートをセロハンシートより剝離し、次の処理を行なった。

## 2.3 アジ化鉛の生成

原料シートをアジ化ナトリウム水溶液に浸漬し、ついで水洗、乾燥した。その際、アジ化ナトリウム水溶液は所定濃度にし、計算量の 10~15 倍量を用いた。

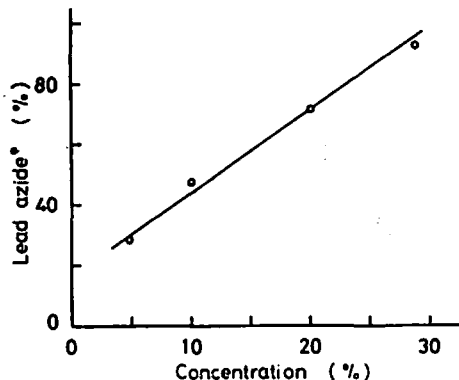
アジ化鉛の定量は、試料数 10mg を秤取し、パイ

昭和49年7月18日受理

\* 東京工業試験所第7部 神奈川県平塚市新宿85

ンダーをアセトンにとかし、硝酸銀—チオシアン酸ナトリウム法<sup>6)</sup>で行なった。

その結果、低濃度のアジ化ナトリウム水溶液で処理するとシートの外部に多量のアジ化鉛が生成するが、高濃度のもので処理するとほとんどシート内のみ生成し、しかもアジ化鉛の生成が速いことが認められた。その一例を Fig. 1 に示した。



Temperature of the aqueous solution : 20°C  
 Thickness of original sheet : 1.3mm  
 Immersed time in the aqueous solution : 1hr  
 Composition of original sheet :

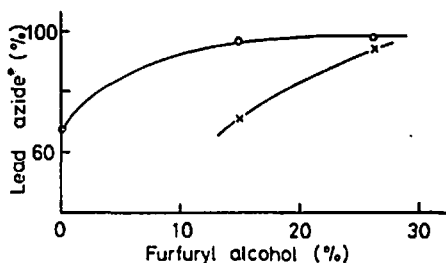
Acetyl cellulose	3g
Lead acetate	6g
Furfuryl alcohol	5g
Cellulose powder	5g

\* : The ratio of analysed quantity to the quantity which should deposit.

Fig. 1 Relationship between concentration of sodium azide aqueous solution and weight percent of lead azide which deposited in sheet.

原料シート中のフルフリルアルコール量は、そのシートに可塑性を与える効果と、アジ化ナトリウム水溶液の浸透性をよくする効果がある。Fig. 2はその浸透性について調べた結果である。フルフリルアルコールを含まないものは、長時間の浸漬を要することが認められた。浸透促進物を含まず、フルフリルアルコールだけを含むものも同様である。これら二つが共存して、アジ化ナトリウム水溶液の浸透性が良好になり、十分、酢酸鉛とアジ化ナトリウムの複分解反応がおこり、アジ化鉛のシート状成形物が得られることが判明した。Fig. 3 にそれらの実験結果の一例を示した。Photo. は得られたアジ化鉛のシート状成形物である。

アセトニルアセトン、原料シートに残存するアセトンなどもフルフリルアルコールと同様の効果を有することを確かめた。これらのことから、バインダー可溶



Used binder :

—○— Acetyl cellulose  
 —×— Butyral resin

Thickness of original sheet : 1.1—1.2mm

The quantities of cellulose powder 6g, of binder 6g and of lead acetate 6g were constant.

Original sheet was immersed in 27 weight percent of sodium azide aqueous solution 180 ml at 20°C during one hour.

\* : The ratio of analysed quantity to the quantity which should deposit.

Fig. 2 Relationships between weight percent of furfuryl alcohol which was contained in original sheet and weight percent of lead azide deposited in sheet.

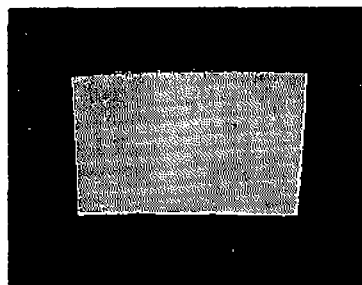
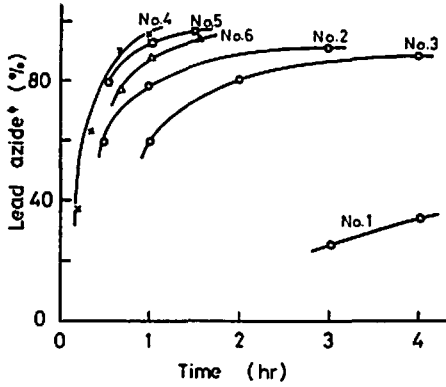


Photo. A final sheet of No. 5 in Fig. 3  
 Dimension : 43mm×60mm×1.4mm

の水溶性液体ならばフルフリルアルコールと同じ効果があることが推測される。

作りやすいシートの厚さは 2mm 以下であった。それより厚いものは、それを作る際、アジ化ナトリウム水溶液の浸透が悪いので、シートの両面に近い内部に大部分のアジ化鉛が生成してしまう。アジ化鉛量の多いものもそのような傾向が認められた。

アセトアミド、ジエチル尿素、フルフリルアルコールは溶解または結晶の状態で原料シートに含まれているが、アジ化ナトリウム処理により、その処理液に溶出する。したがって、これらを含む原料シートからは、密度の小さい多孔質のアジ化鉛のシート状成形物が得られた。アセトアミドやジエチル尿素の代りに伊



Temperature of the aqueous solution : 20°C,  
 \* : The ratio of analysed quantity to the quantity which should deposit.

Concentration of sodium azide in No. 1, No. 2 and No. 3 tests is ten percents, and that in 4, No. 5 and No. 6 is 27 percents.

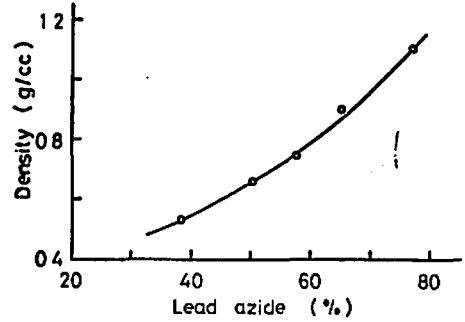
Compositions and thickness of original sheet were shown below.

No.	Composition				Thickness (mm)
	Binder (g)	Lead acetate (g)	Furfuryl alcohol (g)	Reaction accelerator (g)	
1	Acetyl cellulose	6	10	0	1.12
2	"	"	5	Diethyl urea	10 1.05
3	"	"	"	Aceto-amido	5 0.96
4	Butyral resin	"	"	cellulose powder	0.95
5	"	9	"	"	1.26
6	"	18	"	"	1.30

Fig. 3 Relationships between immersed time in sodium azide aqueous solution and weight percent of lead azide which deposited in sheet.

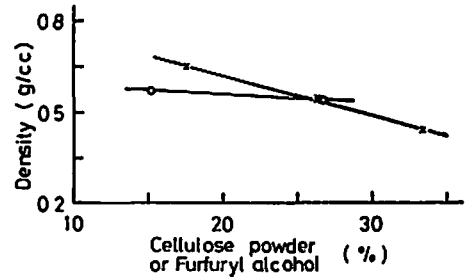
紙粉末を用いたものからは、比較的密度の大きいものが得られた。その密度は、アジ化鉛量、伊紙粉末量に影響され、フルフリルアルコール量にはほとんど影響されないことが認められた。これらの結果を Table 1 に示した。Fig. 4, Fig. 5 はその一部を図示したものである。

バインダーとして、アセチルセルローズを用いたアジ化鉛のシート状成形物は、湿潤状態においては柔軟であるが、乾燥状態ではかたくてもろい。ブチラール樹脂を用いたものは、湿潤、乾燥のいずれの状態においても柔軟であるが、後の状態の方がかたい。そのかたさは、アジ化鉛量が多くなるにしたがって増す傾向



The values shown in table 1 (No. 1, No. 2, No. 3 and No. 4) are plotted.

Fig. 4 Relationships between density of final sheet and weight percent of lead azide in the sheets.



—○— : Furfuryl alcohol  
 —×— : Cellulose powder

The values shown in Table 1 (No. 1, No. 2, No. 3 and No. 4) are plotted.

Fig. 5 Relationships between weight percent of cellulose powder or furfuryl alcohol which was contained in original sheet and density of final sheet.

を示した。

含ませ得るアジ化鉛量は、原料シートを作る際の浸透促進物量、バインダーとして用いるアセチルセルローズやブチラール樹脂などによって異なるが、一般的には 80% が限度であった。

#### 2.4 火薬的性質

上記のようにして製造したアジ化鉛のシート状成形物は、マッチ、点火玉などで点火すると爆発するが、アジ化鉛量 40~45% 以下のものは伝爆しにくい。Table 2 の爆速は、アジ化鉛のシート状成形物を帯状に切断し、それを鉛板上にセロテープで固定し、更にそれをセロテープで被覆し、イオンギャップ法<sup>3)</sup>で測定した値である。それによると帯状物の幅が小さくなると爆速はおそくなる傾向を示している。特にアジ化

Table 1 Compositions of original sheet and of final one

No.	Original sheet				Final sheet		
	Lead acetate (g)	Binder (g)	Furfuryl alcohol (g)	Reaction accelerator (g)	Lead azide (%)	Density (g/cc)	Thickness (mm)
1	6	Butyral resin 3	5	Cellulose powder 5	38.4	0.54	—
2	"	" "	2.5	" "	39.2	0.57	1.3
3	"	" "	5	" 3	46.8	0.64	"
4	"	" "	"	" 7		0.45	1.6
5	9	" "	"	" 5	49.9	0.67	1.3
6	12	" "	"	" "	57.5	0.75	1.4
7	18	" "	"	" "	65.4	0.90	1.3
8	30	" "	"	" "	77.0	1.11	"
9	6	Acetyl cellulose 3	"	" "	45.8	0.78	1.2
10	"	" "	7.5	" "	41.8	0.92	0.9
11	"	" "	2.5	" "	39.4	0.88	1.1
12	"	" "	10	Diethyl urea 10	56.9	—	"
13	"	" "	5	Aceto amide 10	53.6	—	1.3
14	"	Butyral resin 3	"	" "	56.1	0.38	1.2
15	3	" "	"	" "	45.1	0.33	1.4
16	4.5	" "	"	" "	51.4	0.40	1.3
17	9	" "	"	" "	62.2	0.32	1.4
18	6	" "	"	" "	56.1	0.38	1.2
19	4.5	" "	"	" "	51.4	0.40	1.3
20	6	" "	"	" 2.5	51.9	0.71	0.71

Original sheets were immersed in excess sodium azide aqueous solution at 20°C. Concentration of the solution and immersed time were shown below.

- No. 1—No. 11 : 27% sodium azide aqueous solution
- No. 12—No. 20 : 10% sodium azide aqueous solution
- No. 1—No. 7, No. 9, No. 19 : one day
- No. 8, No. 20 : three days

Table 2 Detonation velocities

No.	Lead azide (%)	Density (g/cc)	Dimension W×L×T (cm)	Detonation velocity (m/sec)	Detonation pressure (Kbar)
5	49.9	0.67	1×15×0.13	1,246	2.6
6	57.5	0.75	1×15×0.14	1,700	5.6
7	65.4	0.90	1×15×0.13	1,406	13.0
14	56.1	0.38	1×15×0.12	1,555	2.3
14	"	"	0.5×15×0.12	1,340	1.7
17	62.2	0.32	1×15×0.14	1,771	2.5
17	"	"	0.5×15×0.14	1,701	2.3
19	51.4	0.40	1×15×0.13	1,105	1.2
19	"	"	0.5×15×0.13	968	0.9
20	51.9	0.73	1×15×0.07	2,571	11.8
20	"	"	0.5×15×0.07	1,957	6.8

The numbers in the first column are the same as those of Table 1.

Table 3 Initiation test in detonator

No.	Sheet type pellet			Base charge	Judgment
	Density (g/cc)	PbN <sub>6</sub> content (6%)	Number of pellet		
5	0.67	49.9	1	PETN	explosion
"	"	"	"	RDX	"
"	"	"	"	Tetryl	non-explosion
"	"	"	"	"	explosion
6	0.75	57.5	1	PETN	explosion
"	"	"	"	RDX	"
"	"	"	"	Tetryl	"
7	0.90	56.4	1	PETN	explosion
"	"	"	"	RDX	"
"	"	"	"	Tetryl	"
14	0.38	56.1	1	PETN	explosion
"	"	"	"	RDX	non-explosion
"	"	"	2	"	explosion
"	"	"	5	Tetryl	"
"	"	"	7	"	non-explosion
17	0.32	62.2	1	PETN	explosion
"	"	"	"	RDX	"
"	"	"	3	Tetryl	non-explosion
"	"	"	7	"	explosion
19	0.40	51.4	1	PETN	non-explosion
"	"	"	"	"	explosion
"	"	"	"	RDX	non-explosion
"	"	"	"	"	explosion

Used pellet : 5.6mmφ

The numbers in the first column are the same as those of Table 1.

鉛量の少ないものにその傾向が強い。爆圧は、 $1/4\rho d^2$ により求めた。 $\rho$ は密度、 $d$ は爆速である。

このシートにより PETN, RDX, Tetryl を起爆させるテストを行なった。

爆薬 0.5g を 6号工業雷管の銅管体に装てん（装てん密度 1.0~1.1）し、その上に直径 5.6mm の円形に上記シートより切りぬいたペレットを置き、点火玉を装着し、鉛板上の爆痕により爆薬の爆否を判定した。

その結果は Table 3 のようであり、PETN, RDX, Tetryl の順で多くのペレットを要した。

また上記シートの感度を知るため、摩擦試験と落つい試験を行なった。

摩擦試験には、BAM 式試験機を用いた。試行回数 は 10 であり、1cm×1cm の試料を摩擦板上に置き、爆否の判定は爆音の有無で行なった。

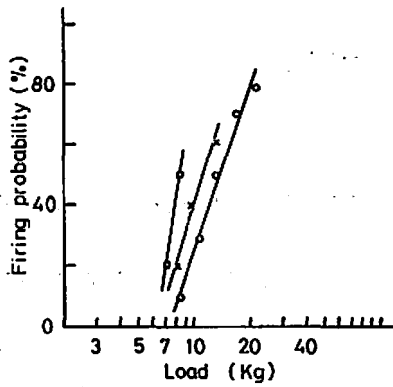
落つい試験は、5kg ハンマーの試験機を用い、2個の鋼柱コロ（1cmφ×1cm）の間に 1cm×1cm の試料をはさみ、1/6 爆点における落高を求めた。

これらの実験結果は、Fig. 6, Table 4 に示した。その試験において、JIS 規格にしたがわず試料の大きさを定めなかったので、得られた値を他の爆薬や起爆薬と直接比較できないが、一応鈍感なものであると見えよう。取扱いが容易であることが推測される。

### 3. 結 語

汚紙粉末、アセトアミドまたはジエチル尿素、フルフリルアルコール、酢酸鉛を含むシート状樹脂成形物をアジ化ナトリウム水溶液で処理し、その成形物内にアジ化鉛を生成、析出させた。作りやすいアジ化鉛のシート状樹脂成形物の厚さは 2mm 以下であった。

爆速は、アジ化鉛含有量、密度などによって異なり、970~2,570m/sec であった。衝撃や摩擦に対し



—○— : No. 5, 1.4mm  
 —×— : No. 6, 1.5mm  
 —□— : No. 18, 1.0mm

The thickness of the samples is different from those of the same number in Table 1, though compositions of the samples used are the same as those in Table 1.

Fig. 6 Friction test with BAM test machine

Table 4 Fall hammer test (Weight of hammer : 5kg)

No.	Lead azide (%)	Thickness (mm)	Fall height of 1/6 firing probability (cm)
5	49.9	1.5	20—25
6	57.5	1.5	20—25
7	65.4	1.9	25—30
17	62.2	1.1	10—15
18	56.1	1.0	10—15
19	51.4	1.1	15—20

The thickness of the samples is different from those of the same number in Table 1, though compositions of the samples used are the same as those in Table 1.

ては鈍感であり、起爆力については、PETN, RDX, Tetryl を起爆し得る力があることが認められた。

本製造法は、アジ化鉛の生成、成形に際し、摩擦などが生じないので非常に安全である。得られたものを雷管用起爆薬またはそのまま起爆火工品として用いる場合、シートの厚さがたりないときは、二、三枚のシートを接着、加工すれば利用できると思われる。

#### 付 記

本研究をまとめるに当たり、水島容二郎氏から適切な助言を得た。また爆速測定に際しては、日下部正夫、藤原修三、両氏の協力を得た。

#### 文 献

- 1) 生沼仙三, 吉川正義, 大久保正八郎, 工火誌 32, 310~314 (1971)
- 2) 木村真, 鈴木善孝, “火薬技術者必携” p. 161 (1962) 産業図書
- 3) 田中一三, 工火誌 25, 145~152 (1964)

## An initiating explosive of sheet type

By Senzo Oinuma

An initiating explosive of sheet type was prepared by the following method and its explosive behaviors were examined.

The original sheets were made by mixing lead acetate and furfuryl alcohol with acetoamide, cellulose powder, acethyl cellulose or butyral resin.

They were treated with sodium azide aqueous solution, and lead azide deposited in sheets. After being washed and dried, the sheets were tested with a drop-hammer machine and a BAM test machine.

The results of the tests indicated that the sheets were not dangerous. But they were easily initiated to detonation with flame.

The detonation velocity stands between 970 m/sec and 2,570m/sec. A disc type pellet of these sheets could initiate high explosives such as PETN, RDX and tetryl. (National Chemical Laboratory for Industry, Seventh Division Hiratuka, Kanagawa)

### ニュース

爆薬の切替えが生産を増進する。

Canadian MINING JOURNAL June 1974

小径のウォータゲル爆薬と、新しい装填技術によって St. Lawrence Columbian & Metals は上孔への装薬、二次発破の破砕に要する時間の短縮や、作業効率を高めてきている。

Du pont の空気装填機と小径ウォータゲルの "To Vex" を使用している鉱山で "To Vex" SD 薬包を上孔に用いて1フィート当りの装填密度を0.90ポンドから1.65ポンドに変えてきている。

爆薬の全量は一孔当り約50%の増加になっている。作業員は5分間以内に75フィートの発破孔に装薬することができ、手作業では20~30分を要していた。

鉱山の監督者である Ed Legault はこの新しい方法による破砕結果は二次発破が実質的に減ってきたこと、作業効率が上がってきたことから優れていると語っている。

これらの有利なことから空気装填機と小径ウォー

タゲル爆薬とを組合わして長孔発破に使用されることになるであろう。

St. Lawrence Colmbined では Du pont of Canada の小径ウォータゲル爆薬を掘削や二次発破に約18カ月好調に使用してきている。

鉱山管理者の Georges Lacaille によればウォータゲル爆薬の空気装填を露天採鉱に選んだことは、St. Lawrence Columbian で達成できた最近の効率の一つの要因である。

ダイナマイトに比べ、もっと高い圧縮比の得られるウォータゲル爆薬は穿孔パターンを変える可能性がある。速い装薬による時間の短縮が達成できたことは爆薬自体のコストにも関連づけられる。

これらのコストの要因は対比できないであろう。そこでこの新しい方法による利点は次の二つとなる。1) 感度の低いウォータゲル爆薬を使用することによる安全性の増加。"NG" による頭痛の除去、2) 破砕がよい、2次発破の減少、作業効率の増加、装薬コストの低減。 (岩武)