

type of mixer is used:

4. In case the loading pressure is below 100kg per a detonator with a diameter of 0.6cm, the dispersion of burning time is large.

5. The burning time is shortest when the

ratio of minium to silicon is around 90/10, while the dispersion of burning time is smallest when the ratio is around 70/30.

(Faculty of Engineering, Kyoto University)

## 鉛丹・珪素延時薬製造に関する研究(2)

(昭和33年11月10日受理)

若 園 吉 一\*

### 1. 緒 言

前報においては、鉛丹・珪素系延時薬について原料の純度及び粒度、配合比、混合等、直接製造に関係のある因子をあげ、それらの燃焼におよぼす影響を検討したが、ここでは延時薬に対する外的影響すなわち貯蔵時間、湿度、MS雷管内の点火玉、内管等の影響を検討した。また延時薬の感度すなわち打撃、摩擦等に対する爆発の危険性をしらべた。

### 2. 薬 量

同一延時薬の薬量を順次増加して、燃焼秒時の変化を観測した。

試料として用いた延時薬は  $Pb_3O_4$  70% : Fe-Si 30% の配合のもので、プレスはいずれも雷管1本当たり 100kg で行った。その結果は表1及び図1の通りである。

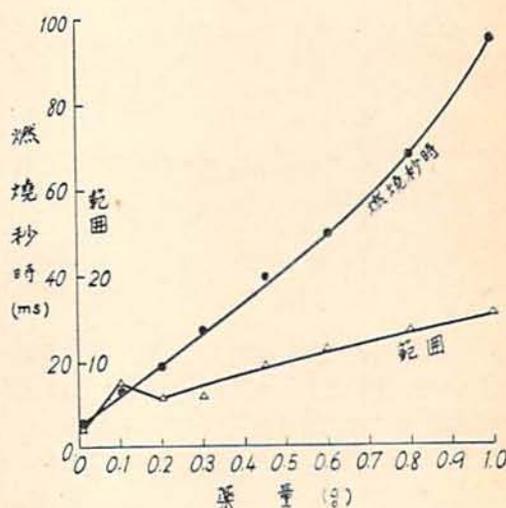
表 1 (ms)

薬 量 (g)	平均	最小値~ 最大値	範 囲	測定回数
瞬発雷管	6.4	5.0~ 7.1	2.1	30
0.10	12.9	9.0~ 16.5	7.5	△
0.20	18.8	16.0~ 21.9	5.9	△
0.30	27.1	23.8~ 29.7	5.9	△
0.45	40.1	34.7~ 44.0	9.3	△
0.60	50.3	48.0~ 59.6	11.6	△
0.80	67.8	66.5~ 80.0	13.5	△
1.00	95.2	89.2~104.5	15.3	△

(註) 表中の瞬発雷管(延時薬なし)は比較のために掲げた。

\* 京都大学工学部鉱山学教室

瞬発雷管においても約 2ms のばらつきがある。薬量の増加に従って燃焼秒時は当然長くなり、ばらつきも大きくなる。0.1g の場合にばらつきが大きいのは着火面積(管体の断面積)に対して延時薬長が短いために、点火玉から延時薬への着火の際の燃焼面の不均一性が、そのままばらつきとしてあらわれる、すなわち凸凹の少ない層状の燃焼面にならない間に爆粉に着火するからである。これには更に装填時に管壁に附着する薬量の総薬量に対する割合が大きいことも影響がある。



1 図

### 3. 点 火 電 流

点火電流の強さが、延時薬の燃焼に与える影響を検討した。

延時薬…… $Pb_3O_4$  70% : Fe-Si 30%

薬量……0.45g

点火玉薬室容積……7cm<sup>3</sup>

点火玉……  
 一薬 デニトロソルソルシン鉛 5mg  
 二薬 ロダン鉛+塩素酸カリ 5mg

プレス……100kg, 直環

測定結果を表2及び図2に示した。

表 2 (ms)

電流 (A)	平均	最小値～ 最大値	範囲	測定回数
0.57	59.0	55.8～55.6	9.8	10
1.00	44.9	41.8～49.7	7.9	10
1.30	43.9	40.8～47.4	6.6	10
1.40	43.7	40.0～45.1	6.1	10
1.62	42.6	39.0～44.8	5.8	10
2.00	41.8	38.8～44.0	5.2	10
2.55	41.5	38.0～43.0	5.0	9
3.55	40.5	38.4～43.3	4.9	9

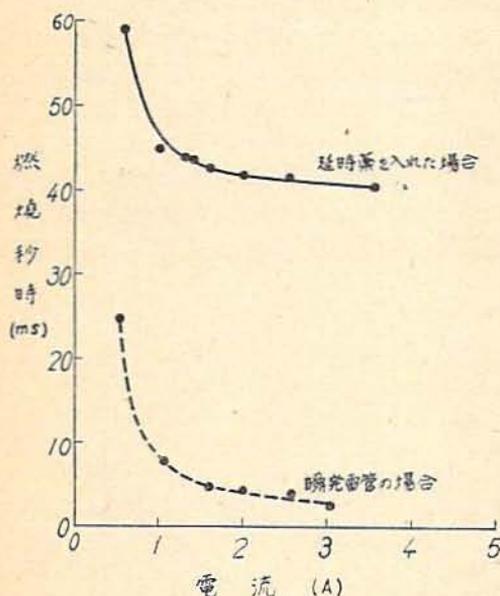


図 2

電流の弱い場合は燃焼秒時は長く、電流が強くなるに従って燃焼秒時は短く、ばらつきも少なくなる。また別に同一点火玉で瞬発雷管をつくり、種々の強さの点火電流によつて爆発させた場合の秒時は表3の如きもので図2中に点線で示した。

図2において両者の曲線を比較すると、延時薬燃焼秒時だけの差をもつた同様の傾向の曲線であることがわかる。これは延時薬の燃焼秒時そのものは電流値の大小によつて変化しないことを示す。すなわち点火電流の強さは、点火玉が燃焼して延時薬に着火するまでの時間に影響するものであつて、延時薬の燃焼はその

影響を受けない。

表 3 (ms)

電流 (A)	平均	最小値～ 最大値	範囲	測定回数
0.53	24.8	22.2～25.3	4.1	5
1.07	7.6	6.1～8.4	2.3	5
1.58	4.7	3.4～6.2	2.8	5
2.00	4.3	3.0～4.5	1.5	5
2.58	4.0	2.6～3.8	1.2	5
3.04	2.4	2.1～2.7	0.6	5

#### 4. 吸湿性及び経時変化

PBReport<sup>1)</sup>によれば、KMnO<sub>4</sub>-Sb系延時薬はKMnO<sub>4</sub>の吸湿及びSbの酸化が大きく影響して燃焼秒時の延びることが述べられている<sup>1)</sup>。

著者は鉛丹・珪素鉄の延時薬の吸湿性及び経時変化を試験して、燃焼がその影響を受けるか否かを検討した。

先ず鉛丹と珪素鉄のそれぞれ単独のもの、及びそれらを70%:30%の配合にした延時薬を試料として吸湿性をしらべた。すなわち各試料5gを秤量瓶中に採り、蓋をあけた儘、水を張つたデジケーター中に放置して水分の増加量を測定した。その結果は表4、図3の通りである。また別に、同一試料を試料瓶中に入れて蓋をゆるめた状態で、室内に3ヵ月放置した後の水分を測定した。その結果を表5に示す。

表 4 (%)

吸湿日数 (日)	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe-Si	延時薬
1	0.03	0.28	0.09
3	0.05	0.44	0.14
5	0.06	0.49	0.16
7	0.07	0.54	0.17
10	0.08	0.61	0.19
12	0.09	0.64	0.20

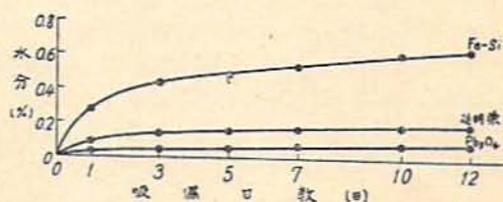


図 3

表 5

	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe-Si	延時薬
水分(%)	0.01	0.09	0.03

鉛丹に比べると珪素鉄の吸湿性は相当大きい。従って Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 70% : Fe-Si 30% の延時薬の吸湿性は鉛丹より少し大きい、いずれも 4~5 日後の水分増加は僅かで、吸湿性としては小さいものである。

また吸湿した延時薬の燃焼秒時を測定し、表 6 に示した。

この結果からも明らかなように、鉛丹・珪素鉄延時薬の吸湿量は少なく、燃焼秒時にほとんど影響しない。

次に試料の延時薬(吸湿していないもの)を組立てて MS 雷管とし、10, 20, 30, 45, 70 日間貯蔵した後、燃

表 6 (ms)

吸湿日数(日)	水分(%)	平均	最小値~最大値	範囲	測定回数
	0	74.0	67.0~79.0	12.0	20
1	0.09	74.2	68.7~82.0	13.3	20
3	0.14	77.0	70.9~83.5	12.6	20
5	0.15	75.0	71.0~86.0	15.0	20
7	0.17	78.4	72.5~84.7	12.2	20

薬量: 1.0g

表 7 (ms)

貯蔵日数(日)	平均	最小値~最大値	範囲	測定回数
1	78.4	67.1~84.2	17.1	20
10	77.9	70.3~85.5	15.2	15
20	77.7	69.4~86.8	17.4	15
30	79.5	70.0~88.1	18.1	20
45	79.6	72.0~87.5	15.5	15
70	75.4	66.4~81.0	14.6	25

薬量: 1.0g

焼秒時を測定した結果は表 7 の通りで、貯蔵が燃焼秒時におよぼす影響は認められない。

以上の実験結果より、鉛丹・珪素鉄二成分の延時薬は、吸湿の影響、珪素鉄の酸化等はないと考えて差支えないが、第三成分、例えば Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10% を添加すれば、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の吸湿性(図 4)により短期間に延時薬が吸湿して、燃焼秒時が伸び、ばらつきも大きくなる(表 8)。故に鉛丹・珪素系延時薬でも第三成分を添加する場合は、添加物の吸湿性について考慮しなければ

ならない。

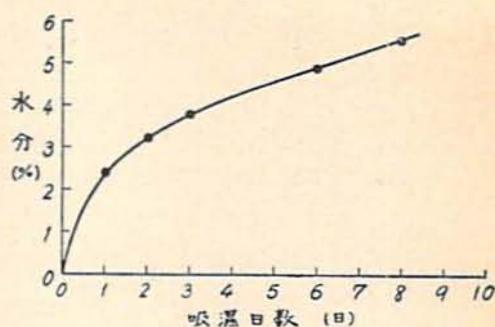


図 4

## 5. 感度試験

鉛丹・珪素系延時薬はその配合比が 90% : 10% 附近のものは爆発的な反応を行うので、延時薬製造中に発火事故を惹き起す危険がある。そこで Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> : Fe-Si の配合比が 96 : 4, 90 : 10, 70 : 30 の延時薬を試料として、摩擦感度試験<sup>2)</sup>、落槌感度試験<sup>3)</sup> 及び発火点試験<sup>4)</sup> を行った。

表 8 (ms)

吸湿日数(日)	水分(%)	平均	最小値~最大値	範囲	測定回数
	0.06	100.0	96.3~109.0	12.7	20
1	0.18	106.4	100.5~117.0	16.5	20
3	0.30	112.7	98.0~124.0	26.0	20
5	0.33	116.9	103.5~132.0	28.5	20
6	0.34	118.5	102.0~134.0	32.0	20

薬量: 1.0g, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加量 10% 外前

### 1) 摩擦感度試験

坂下製(山田式)摩擦感度試験器<sup>2)</sup> を使用して摩擦による発火率を試験した結果は表 9 の通りである。この結果より不爆点(摩擦によつて 10 回中 1 回も爆発しなかつた点) 完爆点(10 回とも全部爆発した点) は表 10 に示す通りで、90 : 10, 70 : 30 の延時薬は比較的鋭敏であるが 96 : 4 は鈍感である。

### 2) 落槌感度試験

落槌 5kg の爆薬用落槌感度試験器<sup>3)</sup> を使用し発火率を測定した結果を表 11 に示した。

配合比が 90 : 10, 70 : 30 のものは 96 : 4 に比較すれば発火しやすい。しかしながら後に述べるように(表 13)、雷管内の他の火薬類に比べると鈍感である。

### 3) 発火点測定

クルップ発火点試験器<sup>4)</sup> を使用して発火点の測定を

表 9 (ms)

加圧(kg/cm <sup>2</sup> ) Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : Fe-Si (%)	0.94	1.87	3.74	5.61	7.48
96 : 4	-	-	-	0/10	-
90 : 10	-	-	0/10	4/10	5/10
70 : 30	0/10	2/10	4/10	7/10	-

加圧(kg/cm <sup>2</sup> ) Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : Fe-Si (%)	9.35	11.52	13.09	14.96	16.76
96 : 4	1/10	-	5/10	-	5/10
90 : 10	7/10	9/10	10/10	-	-
70 : 30	9/10	10/10	-	-	-

(註) 試験結果は(発火回数/試験回数)の値をもつて表わした。

表 10

Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : Fe-Si (%)	不爆点 (kg/cm <sup>2</sup> )	完爆点 (kg/cm <sup>2</sup> )
96 : 4	5.61	測定不能
90 : 10	3.74	13.09
70 : 30	0.94	11.52

行つた。結果は表12の通りである。各延時薬間にはほとんど差は認められず、4秒間で発火する時の温度はいずれも450°C附近である。

なお参考のために電気雷管中の他の火薬類の感度試験の結果を表13に示した。

火薬類の感度と比較しても明らかなように、延時薬は落礎感度が鈍い。すなわち打撃、衝撃に対しては比較的安全である。また発火点は約450°Cであるから

表 11

落下距離(cm) Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : Fe-Si (%)	100	95	90	80	70	65	60	55	50
96 : 4	2/10	0/10	-	-	-	-	-	-	-
90 : 10	-	10/10	-	10/10	-	4/10	2/10	0/10	0/10
70 : 30	-	-	10/10	-	5/10	-	1/10	0/10	0/10

(註) 試験結果は(発火回数/試験回数)の値をもつて表わした。

表 12

測定温度(°C) Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> : Fe-Si (%)	430±5	450±5	470±5	500±5	4秒間での発火温度
96 : 4	30~60秒で発火せず	5.5秒 7.5 7.5 6.4	0.9秒 1.1 1.0 1.0	0.5秒 0.4 0.5 0.5	451°C
90 : 10		4.3 4.9 5.5 5.8	0.9 0.8 1.0 0.9	0.4 0.3 0.5 0.4	452°C
70 : 30	19秒 他の3回は発火せず	3.2 2.3 3.3 3.5	0.9 0.9 0.8 0.9	0.4 0.3 0.3 0.5	448°C

表 13

試料	試験法			落礎試験不爆点*(cm) (落礎重量: 5kg)	発火点* (°C/4秒)
	摩擦感度 (kg/cm <sup>2</sup> )	2.5	5.0		
延時薬 (Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 70 : Fe-Si 30)	2/10	6/10	10/10	55	448
点火玉第1薬 (ヂエトロソルソルシン鉛)	3/10	4/10	4/10	15	220
点火玉第2薬 (ロダン鉛と塩素酸カリ)	6/10	7/10	10/10	6	225
爆粉 (雷汞と塩素酸カリ)	4/10	7/10	10/10	5	210

\* ビタミン酸(標準)は10cm

\* 結薬(標準)は235°C

温度に対する抵抗性もあるが、摩擦に対しては比較的鋭敏である。故に延時薬の混合はゴム製乳鉢等で行い、圧摺は遠隔操作を行う等、取扱上の注意が必要である。

## 6. 内管の影響

雷管中の内管(延時薬押え)が延時薬の燃焼秒時におよぼす影響を検討した。

### 1) 内管の有無

長さ 10mm の内管を圧入した場合と、装着しないて延時薬面を直接圧摺した場合の燃焼秒時を表14及び図5に示した。内管のある方が燃焼秒時はやや長くなるが、ばらつきは少ないから、MS雷管には内管を装着するのが好ましい。

表 14 (ms)

内管	平均	最小値～最大値	範囲	測定回数
有	195.2	192～203	11	16
無	185.8	169～200	31	20

薬量: 1.3g

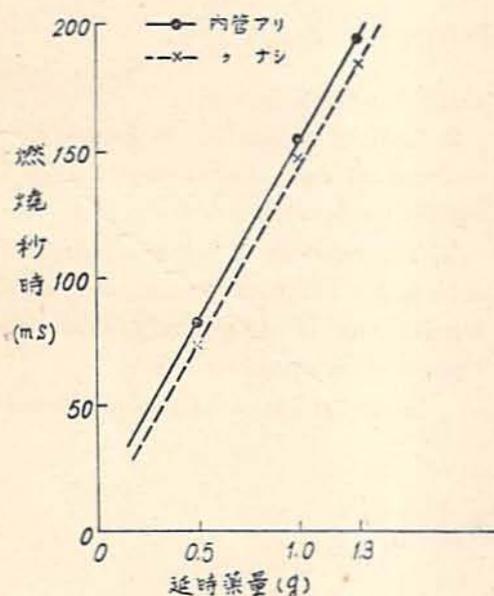


図 5

### 2) 内管の装着法

内管を図6, aのように装着した場合(上向式)と図6, bのように内管を逆にして延時薬中に圧入した場合(下向式)の比較を試みた。それぞれの燃焼秒時は表15の通りである。この結果では大差がないが、下向式で

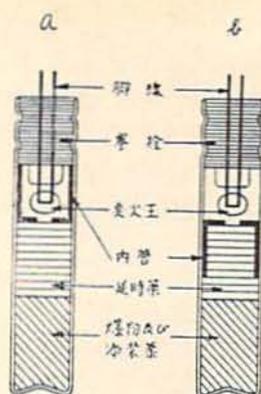


図 6

は延時薬量の少ない場合、及び点火玉挿入の操作(点火玉の位置をきめる)等に不都合であるから、上向式にする方がよいと思われる。

表 15 (ms)

内管	平均	最小値～最大値	範囲	測定回数
上向	193.6	190～199	9.0	10
下向	192.4	188～198	10.0	10

薬量: 1.3g

### 3) 内管の長さ

内管の長さが 10mm のもの及び 15mm のものを使用した場合の延時薬の燃焼秒時を比較した。15mm の場合は点火玉の薬室容積、すなわち空間が大きいわけである。結果を表16に示した。燃焼秒時は 10mm の管長の方が良好である。すなわち空隙の少ない方がよいわけであるが、点火玉の構造上、管長 10mm 以下の内管を用いた実験は出来なかつた。

表 16 (ms)

延時薬量 (g)	内管の長さ (mm)	平均	最小値～最大値	範囲	測定回数
0.25	10	39.4	37～43	6.0	20
	15	38.7	36～44	8.0	20
0.60	10	94.6	90～98	8.0	20
	15	101.5	97～106	9.0	20
1.30	10	197.3	194～204	10.0	20
	15	205.6	198～214	16.0	20

以上の実験結果より、MS雷管には、管長 10mm の内管を用い、上向式に圧入するのがよい。

## 7. 結 言

以上の実験結果から次のことが明らかとなつた。

1) 延時薬量の増加に従つて燃焼秒時のばらつきは大きくなるので、長秒時を得るには配合比を変えるような方法によつて薬量を少なくすることが望ましい。ただし 0.1 g の如く薬量が少な過ぎるとかえつてばらつきは大きい。

2) 点火電流の強さによつて、MS 雷管中の延時薬の燃焼はほとんど影響を受けない。

3) 鉛丹、珪素鉄の二成分からなる延時薬は吸湿しない。従つてこの延時薬を用いたMS雷管は数カ月の貯蔵の後も、その性能に変化がない。しかし第三成分として  $Fe_2O_3$  を添加したものは  $Fe_2O_3$  の吸湿性によつて、貯蔵後の燃焼秒時はばらつきが大きくなる。

4) 延時薬は雷管中の他の火薬類に比較して発火点は高く、衝撃にも安全であるが、摩擦に対しては鋭敏であるから、その製造上、混合、圧填に注意を要する。

5) 内管(延時薬押え)は単に圧填の際に延時薬を押えるのみならず、燃焼のばらつきを少なくする。これは既に報告したように燃焼時に反応生成物が膨脹することを防ぎ、燃焼波を均一に進行させるためである。また点火玉の薬室容積(空間)は出来るだけ小さくすることが望ましい。

最後に本実験に対して援助を受けた日本化薬株式会社仁豊野作業所所長山田正幸氏及び重谷寛氏に感謝する。

## 文 献

- 1) Dynamit A. G., Troisdorf: PB 74697, Part 1, Fr. 3116~3153)
- 2) 例えば山本祐徳: 一般火薬学 p. 145
- 3) 山本祐徳: 一般火薬学 p. 142
- 4) 山本祐徳: 一般火薬学 p. 124
- 5) 伊藤一郎, 若園吉一, 藤中雄三: 水曜会誌 13, 653, (昭33)

## On Preparation of Delay Composition in Millisecond Detonator (2)

by Yoshikazu Wakazono

The author has made experiments concerning the sensitiveness, hygroscopicity and other factors of minium-silicon delay composition in the millisecond detonator and the following results were obtained:

1. As the result of various tests such as fall hammer, friction and ignition, it was observed that the sensitiveness of the delay composition was smaller than other explosives

charged in the detonator.

2. Little or no increase in humidity was observed on daily measurement during six-months preservation tests.

3. The amperage of electric current for igniting the fuse head has no effect on the burning time of delay composition itself charged in the detonator.

(Faculty of Engineering, Kyoto University)