

## 殉爆に関する実験的研究 (第3報)

### 固体投射物の作用に就いて

(昭和31年5月12日受理)

渡辺定五・村田旺仁

(日本油脂 武豊工場)

殉爆の因子として考えられる衝撃波、高温高压ガス或いは固体投射物の作用は複雑なものである事は既に述べたところである。これら因子の個別的な作用について解析的な実験を試みる事は容易な事ではないが、殉爆の誘起因子を究明する事は爆轟生起の探索に連なるものとして意味深いものであろう。固体投射物が熱粒子として (Gas particle) 作用するものか否かについては究明するに到らなかった。従つて particle のもつエネルギーの算出は次報にゆずる事とする。

#### 目次

1. 複殉爆の一般的事例
2. 固体投射物としての塩類の作用
3. シュリーレン写真による Gas particle の作用
4. 結 び

#### 1. 複殉爆に就いて

我々が複殉爆と名づける現象に就いては既に発表してあるが、これらの一般的な値を表1~2に示す。

#### (イ) 試験条件

第一薬包は 30×100g のものとし薬端末は切断後粘着テープ1枚を貼りつける。

第二薬包 (ヘキソゲン) とし第一薬包に対する端末は切断して薬を漏出したままとする。

新特硝、硝ダイはヘキソゲン、新桐に比して爆轟生成ガスの温度、圧力及爆轟によつて発生する衝撃波の強さはいずれも低い値を示すにも拘らずヘキソゲンに対する誘爆力は後者に比して前者が大なる値を示す事は注目すべき事で硝ダイ等の爆轟時に発生する未分解投射粒子の作用を研究して本現象の契体を究明するのが本報の目的である。

表1に明らかな様に複殉爆は第二薬包をヘキソゲンとした場合、新特硝等食塩を含有する炭酸爆薬を第一薬包とするものについて顕著であり、ヘキソゲン、新桐ダイナマイトを第一薬包とする時には複殉爆は認められない。第二薬包を種々変化させる

場合はヘキソゲン以外のものについては複殉爆は明確を欠き、特に硝安を主成分とする新桐、硝ダイ系の爆薬を用いる時は全く認められないのが特長である。

一般に殉爆試験は供試薬を砂上において爆発させるもので、このため爆薬により発生する衝撃波の伝播が地表面の反射を受けて複雑となる。今第一、第二薬包ともに地上1メートルの高さに自由懸吊として第一薬包を硝安ダイナマイト、第二薬包をヘキソゲンとした場合の殉爆試験成績を表3に示す。即ち複殉爆は砂上、空中の差によつて本質的な違いのない事が明らかで衝撃波の伝播の擾乱によつて生ずる異状現象ではなく、固体投射物の二次的作用による事は後述する事によつて明らかである。

前述の如く硝安を含む爆薬を第一薬包とする時、複殉爆は明らかでない事を述べたが、これを更に繰返し行えば次の如くなる。(表4)

即ち硝安を含有せず且つ木粉の配合量が10%以下の組成をもつ爆薬を第一薬包とする時は複殉爆はなくヘキソゲン→ヘキソゲンの場合と同様の様式をとる。この場合第一薬包の爆速が大なるものでも最大殉爆距離は30センチメートル以下である。これに反して硝安を含有し、且つ木粉を多量に含む (E-I~E-IV) 爆薬を第一薬包とする時は複殉爆が認められる。硝安を含有する爆薬でも G-I~G-III の如く木粉の配合量10%以下のものでは複殉爆が存在し難い。

即ち硝安は複殉爆の生起に役立ち木粉は殉爆距離の伸張作用のある事が分る。硝安を含有するために距離 5~20cm の地点はヘキソゲンの誘爆が粗害される結果となる。又木粉を多量に含まざるものは距離 30cm 以上においてヘキソゲンを誘爆させる事は困難であるが、木粉の多量に含む爆薬を第一薬包とすれば 30cm 以上の殉爆は容易となる。即ち未反応の木粉の投射によつてヘキソゲンは分解を受

表 1

| 第一薬包            |    | ヘキソゲン | 桜ダイナマイト | 新桐ダイナマイト | 新特硝   | 硝安ダイナマイト |
|-----------------|----|-------|---------|----------|-------|----------|
| 第二薬包            |    |       | ヘキソゲン   | ヘキソゲン    | ヘキソゲン | ヘキソゲン    |
| 距離<br>(センチメートル) | 0  |       |         |          |       | ○○       |
|                 | 3  | ○○    | ○○      | ○        | ○○    | ○○       |
|                 | 5  |       |         | ○        | ○○○   | ○○○      |
|                 | 8  | ○○    | ○○      | ○        | ××××  | ××××     |
|                 | 10 |       |         | ○○       | ××    | ××       |
|                 | 15 | ○○    | ○○○     |          | ○×××× | ×××      |
|                 | 20 |       |         | ○○       | ××××  | ○○○○○    |
|                 | 25 | ○○○   | ○○      | ○○○      | ○○○○○ | ○○○      |
|                 | 30 | ×××   | ○       | ○○○      | ○○○○○ | ○○○○×    |
|                 | 40 | ××××× | ○○      | ××××     | ○○○○× | ××○○×    |
|                 | 50 |       | ○×○     |          | ××○×× | ××       |
| 60              |    | ×××○  |         |          | ××    |          |

表 2-1

| 第一薬包            |    | G-1   |      | G-2     |     |       |
|-----------------|----|-------|------|---------|-----|-------|
| 第二薬包            |    | ヘキソゲン |      | 桜ダイナマイト |     |       |
|                 |    | (イ)   | (ロ)  | (イ)     | (ロ) | (ハ)   |
| 距離<br>(センチメートル) | 5  | ○     | ○○   | ○       |     | ○○○   |
|                 | 8  | ○○○   | ○○○  | ○       | ○   | ×××   |
|                 | 10 | ×○×○○ | ×○×○ | ○×○○    | ○○  | ××    |
|                 | 15 | ××××  | ×××× | ×××     | ○○  | ×××   |
|                 | 20 | ××○×  | ○○×○ | ×××     | ○○○ | ○○××○ |
|                 | 25 | ××××  | ○○○○ |         |     | ××××× |
|                 | 30 | ××    | ○○○  | ××      | ××× | ×××   |
| 50              |    | ×××   |      | ××      |     |       |

表 2-2

| 第一薬包            |    | G-1      |     | G-1 |     | G-1      |     |
|-----------------|----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|
| 第二薬包            |    | 新桐ダイナマイト |     | 新特硝 |     | 硝安ダイナマイト |     |
|                 |    | (イ)      | (ロ) | (イ) | (ロ) | (イ)      | (ロ) |
| 距離<br>(センチメートル) | 5  | ○○       | ○○○ | ○   | ○○  |          |     |
|                 | 8  |          |     | ○○○ | ○○  | ○○○      | ○○○ |
|                 | 10 | ×××      | ××× | ××× | ××× | ××       | ×   |
|                 | 15 | ×        |     | ×   |     |          | ×   |
|                 | 20 | ××       | ××  | ××  | ××  | ××       | ××  |
|                 | 25 | ××       | ××× | ××  |     | ××       | ××  |
|                 | 30 | ×××      | ××  | ×   | ××  | ×        | ×   |
|                 | 50 | ×        | ××  |     | ×   | ×        |     |

(イ) 第一薬包の端末を切断して粘着テープを貼りつけたもの。

(ロ) 第一薬包の端末部に 0.5g の硝安を附着させ粘着テープにて貼りつけたもの。

(ハ) 第一薬包に硝ダイを使用するが端末加工は (ロ) に同じ。

表 3

| 第一薬包      | 硝安ダイナマイト |       | 第一薬包      | 硝安ダイナマイト |       |
|-----------|----------|-------|-----------|----------|-------|
| 第二薬包      | ヘキソゲン    |       | 第二薬包      | ヘキソゲン    |       |
| 殉爆距離 (cm) | (イ)      | (ロ)   | 殉爆距離 (cm) | (イ)      | (ロ)   |
| 4         | ○○○○○    | ○○○○○ | 25        | ○○       | ○○    |
| 5         | ××○××    | ××××  | 30        | ○○○○○    | ○     |
| 8         | ×××      | ×××   | 40        | ××××     | ○○    |
| 10        | ○×××     | ××    | 50        | ××       | ○○○○  |
| 15        | ○○○○     | ○×○○  | 60        |          | ○××○× |
| 20        | ○○○      | ○○○○  | 70        |          | ××××  |

備考 (イ) (ロ) は前述の条件と同じ。但しこの場合附着塩は硝安の代りに食塩を用いた。

表 4-1

| 第一薬包  | 第二薬包  | 距 離 (cm) |     |     |       |       |
|-------|-------|----------|-----|-----|-------|-------|
|       |       | 1        | 3   | 5   | 8     | 10    |
| E-I   | ヘキソゲン | ○○○      | ××× | ××  |       | ×     |
| E-II  | △     | ○        | ○○○ |     | ×××   | ××    |
| E-III | △     |          | ○○  |     | ×××   | ××    |
| E-IV  | △     |          | ○○  |     | ××    |       |
| F-I   | △     | ○○       | ○○  | ○   |       | ○○○   |
| F-II  | △     |          |     | ○○○ | ○○○×○ | ×○○×○ |
| G-I   | △     |          |     | ○○  | ○○    | ○○○   |
| G-II  | △     |          |     | ○   | ○     | ○○○   |
| G-III | △     |          | ○○  | ○   | ○×    | ○○○   |

表 4-2

| 第一薬包  | 第二薬包  | 距 離 (cm) |      |      |      |    |
|-------|-------|----------|------|------|------|----|
|       |       | 15       | 20   | 30   | 40   | 50 |
| E-I   | ヘキソゲン |          | ○××× | ○○○  | ○○   |    |
| E-II  | △     |          | ××   | ○○○  | ○    |    |
| E-III | △     | ○○×      | ○○○  | ○○   |      |    |
| E-IV  | △     | ○×○      | ○○   | ○○○  |      |    |
| F-I   | △     | ○○○      | ○○○  | ×××  | ×××  |    |
| F-II  | △     | ×○○○×    | ○○○× | ×××× | ×××× |    |
| G-I   | △     | ×××      | ××   | ×××  | ××   | ×× |
| G-II  | △     | ×××      | ×    | ××   | ×    | ×  |
| G-III | △     | ×○○      | ×××  | ××   | ×    | ×  |

ける事になる。

## 2. 固体投射物特に塩類の作用

薬包の前方においたボール紙の「ツイタテ」に向つて爆薬を爆発せしめるとボール紙に未分解粒子特に薬

包紙に附着するパラフィンが無数に投射されるのが分る。今薬包とボール紙の「ツイタテ」間の距離を変化せしめて固体投射物の分布状況をしらべてみればこれらの投射物は直進している事が分る。

即ち固体粒子は本報の実験条件範囲では直線的な運動の形をとるとみてよい。複殉爆に深い関係をもつ固体投射物の投射力を表5に示す。即ちボール紙を深く貫徹し得る粒子の数はわずかである事が分る。即ち大

表5

| ボール紙貫徹数 | 1枚目 | 2枚目 | 3枚目 | 4枚目 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
|         | 無数  | 70ヶ | 11ヶ | 2ヶ  |
|         | △   | 61  | 12  | 3   |
|         | △   | 64  | 11  | 3   |
| 平均値     | 無数  | 65  | 11  | 3   |

部分の粒子は1枚目のボール紙でおさえられてしまう様である。投射粒子の速度は粒子の大きさ、質量によ

つてまちまちであるが、これらの粒子のすべてが同時作用或いは附加的に作用してヘキソゲンが誘爆されるのではなくエネルギーの大なる一部の粒子群によつてヘキソゲンは爆発するとみてよい。この事については第三項でふれる。

今第一薬包の端面に各種塩類を附着させて殉爆の様相をしらべてみる。即ち融解点の違つた各種塩類を用いた値を表6~表8に示す。この場合第一薬包に添加塩を附着させるには第一薬包の端末を切断しその平面部に厚み一定となる様に塩をならしその上に粘着テープ1枚を貼りつける。ヘキソゲンの瞬間発火点は400°C内外と考えられ<sup>3)</sup>又RobertsonがPETNに対して試みた熱分解式  $k=10^{10.8} e^{-4700/RT}$  を用いBowdon<sup>4)</sup>が算出した発熱の持続時間  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  秒

表6

| 第一薬包    |             | F-II          | 30×100g |          |      |
|---------|-------------|---------------|---------|----------|------|
| 第二薬包    |             | ヘキソゲン         | 30×50g  |          |      |
| 塩類の粒度   |             | 24メッシュ~48メッシュ |         |          |      |
| 距離 (cm) | 添加塩類<br>塩の量 | 硫酸アンモニウム      |         | 硝酸アンモニウム |      |
|         |             | 0.2g          | 0.5g    | 0.2g     | 0.5g |
| 5       | ○○○         |               |         | ○○○      | ○○○  |
| 8       | ○○○×○       |               | ○○○     | ×××      | ×××  |
| 10      | ×○×○×○      | ×○×○          |         | ××       | ×××  |
| 15      | ×○○×○       |               |         |          |      |
| 20      | ○○○×        | ○○○×          | ×○×○    | ×××      | ×××× |
| 25      | ×××         | ×××           |         |          | ××   |
| 30      | ××          | ××            | ○○○     | ××       | ××   |
| 40      |             |               | ××××    |          |      |

表7

| 第一薬包    |     | F-I       | 30×100g    |           |     |
|---------|-----|-----------|------------|-----------|-----|
| 第二薬包    |     | ヘキソゲン     | 30×50g     |           |     |
| 添加塩類    |     | 硝安        | 0.5g       | △印: 燃焼    |     |
| 距離 (cm) | 粒度  | 24~64メッシュ | 80~100メッシュ | 100メッシュ通過 | —   |
|         |     | 0         | ○○○        |           |     |
| 1       | ×△△ |           | ○○         |           | ○○  |
| 3       | ××  |           | ○○         |           | ○○  |
| 5       |     |           | ○○○        | ○○        | ○   |
| 10      | ××× |           | ×○××       | ○○○       | ○○○ |
| 15      | ○○○ |           |            | ○○        | ○○○ |
| 20      | ○○○ |           |            |           | ○○○ |
| 30      | ××× |           |            |           | ××× |

表 8-1

| 第一薬包           |    | G-I      | 30×100g |           |       |     |     |       |     |      |
|----------------|----|----------|---------|-----------|-------|-----|-----|-------|-----|------|
| 第二薬包           |    | ヘキソゲン    | 30×50g  |           |       |     |     |       |     |      |
| 塩類の粒度          |    |          |         | 24~48メッシュ |       |     |     |       |     |      |
| 添加塩類           | —  | 硝酸アンモニウム |         |           | 硝 酸 銀 |     |     | 塩化第一錫 |     |      |
| 添加量 (g)        | —  | 1.0      | 0.5     | 0.3       | 1.0   | 0.5 | 0.3 | 1.0   | 0.5 |      |
| 距<br>離<br>(cm) | 5  | ○○○      | ××      | ××        | ××    | ×   | ○×× | ××    | ○×× | ×○○○ |
|                | 8  | ×××      | ××      | ××        | ××    |     |     |       |     | ××   |
|                | 10 |          |         | ××        |       |     |     |       |     | ×××  |
|                | 30 | ××       | ××      | ××        | ××    | ××  | ××  | ××    | ×○× | ○××× |
|                | 40 | ××       |         | ×         |       |     |     |       |     | ×××  |
|                | 50 |          |         | ××        |       |     |     |       |     | ×××  |
| 塩の M.P. (°C)   |    | —        | 168     |           |       | 212 |     |       | 241 |      |

表 8-2

| 添加塩類         | 硫 酸 銅 |     | 硝 石  |     | 硫酸アンモニウム |       | 食 塩  | 重硫酸カリ |     |
|--------------|-------|-----|------|-----|----------|-------|------|-------|-----|
| 添加量 (g)      | 1.0   | 0.5 | 0.5  | 0.3 | 0.5      | 0.3   | 0.5  | 0.5   |     |
| 5            | ○○    | ○○  | ×○○× |     | ○○○      | ○○○   | ○○○  | ○×○×  |     |
| 8            | ××    | ××  | ××   | ××  | ○○○      | ○××   | ○○○  | ××××  |     |
| 10           |       |     |      |     | ××       | ××    | ×××  | ××    |     |
| 30           | ○○○   | ○○○ | ○○○  |     | ○○○      | ○×○×× | ○○○  | ○×○○  |     |
| 40           | ××    | ××× | ×××  |     | ×××      | ×××   | ○×○○ | ○○○○  |     |
| 50           |       |     |      |     |          |       | ×××  | ×××   |     |
| 塩の M.P. (°C) |       | 258 |      | 336 |          | 513   |      | 800   | 210 |

を引用すれば、 $\alpha=50\%$  (reaction ratio) として  $T=600^{\circ}\text{K}\sim 643^{\circ}\text{K}$  即ち  $327^{\circ}\text{C}\sim 370^{\circ}\text{C}$  となる。疋田教授<sup>5)</sup>によればヘキソゲンの瞬間発火点は  $400^{\circ}\text{C}$  という値を示している。油浴法による発火点は  $200^{\circ}\text{C}$  内外であるが Krupp 法による4秒の待時間発火点は  $300^{\circ}\text{C}$  内外である事は一般的な値として示されている。疋田強教授の研究によれば限界発火点がヘキソゲンの場合  $250^{\circ}\text{C}$  となつてゐるが複殉爆に際しての各種塩類の融解点が  $250^{\circ}\text{C}$  を限界線とし対立した様相を示している。即ち融解点が  $250^{\circ}\text{C}$  以上の塩類、硫酸銅、硝石、硫酸アンモニウム、食塩を用いる時は複殉爆が現われ、殉爆距離  $30\sim 40\text{cm}$  において第二薬包のヘキソゲンは助爆されるが融解点  $250^{\circ}\text{C}$  以下の塩類、塩化錫、硝酸銀、硝酸アンモニウムを用いる時は複殉爆が現われないのみならず殉爆距離は低下する結果となる。

一般に複殉爆は硝安等の低融点塩類の阻害作用によるものである事はこれ迄の実験によつて明らかである

が、その融点の限界点が  $250^{\circ}\text{C}$  前後であつて疋田教授の示されたヘキソゲンの限界発火点に近似している事は面白い。

物質は加圧によつて融解点を変化し上昇するもの逆に降下するものあり、本報の実験に際して実際の融解点が如何なる値を示すかは不明であり、これは実験的に究明するには複雑すぎる。

添加塩の量は、食塩を除き  $0.5\text{g}$  以上でなければ複殉爆は明らかでない。又塩類の融解点に比例して複殉爆の感度(ヘキソゲンの爆率)は上昇している事が分る。硝安は粒度を細かにして反応表面積をますと阻害作用は減少し  $100\text{Me}'$  通過の硝安  $0.5\text{g}$  の場合は阻害作用が零となる。

表9は硝安—硝石の相互関係を示している。硝安の含有量が増大するにつれ爆薬の爆速は大きくなるが、ヘキソゲンに対する殉爆距離は却つて低下する。表6~表9の実験結果から殉爆の阻害作用は硝安等低融点の未分解粒度の投射によるものである事、逆距離

表 9

| 第一薬包         |    | A        | B        | C        | D        | E        |
|--------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 同上の爆速        |    | 4,400m/s | 5,100m/s | 6,800m/s | 6,600m/s | 6,600m/s |
| 第二薬包         |    | ヘキソゲン    | ヘキソゲン    | ヘキソゲン    | ヘキソゲン    | ヘキソゲン    |
| 殉爆距離<br>(cm) | 20 | ○        | ○        |          | ○        | ○        |
|              | 25 |          |          |          | ○○○      | ○×○      |
|              | 30 | ○○       | ○        | ○        | ○×○      | ×××      |
|              | 35 |          |          |          | ××○      |          |
|              | 40 | ○        | ○        | ○        | ×××      | ××       |
|              | 50 | ○○○      |          | ○○       |          |          |
|              | 60 | ×○×      | ○○       | ○○       |          |          |
|              | 70 | ×××      | ○○○      | ○×○○×    |          |          |
| 80           |    | ×××      | ××××     |          |          |          |

| No. | ニト<br>グリセリン | 綿   | 薬 | 硝    | 石 | 硝<br>アンモニウム | 木 | 粉 | 澱 | 粉 |
|-----|-------------|-----|---|------|---|-------------|---|---|---|---|
| A   | 50          | 1.5 |   | 38.5 |   | -           | 8 |   |   | 2 |
| B   | 50          | 1.5 |   | 28.5 |   | 10.0        | 8 |   |   | 2 |
| C   | 50          | 1.5 |   | 18.5 |   | 20.0        | 8 |   |   | 2 |
| D   | 50          | 1.5 |   | 8.5  |   | 30.0        | 8 |   |   | 2 |
| E   | 50          | 1.5 |   | -    |   | 38.5        | 8 |   |   | 2 |

表 10

| No.   | ニト<br>ロゲル | 硝    | 安 | 硝 | 石    | 木    | 粉 | 澱     | 粉 | トリニトロ<br>トルオール |
|-------|-----------|------|---|---|------|------|---|-------|---|----------------|
| E-I   | 8.30      | 80.5 |   |   | -    | 11.2 |   |       |   | -              |
| E-II  | 8.30      | 60.5 |   |   | 18.0 | 13.2 |   |       |   | -              |
| E-III | 8.30      | 40.5 |   |   | 34.6 | 16.6 |   |       |   | -              |
| E-IV  | 8.30      | 20.5 |   |   | 51.5 | 19.7 |   |       |   | -              |
| F-I   | 8.20      |      |   |   | 70.8 | 6.0  |   | 15.00 |   | -              |
| F-II  | 10.25     |      |   |   | 64.0 |      |   | 8.75  |   | 17.00          |
| G-I   | 10.30     | 81.0 |   |   |      |      |   | 8.70  |   | -              |
| G-II  | 10.30     | 79.0 |   |   |      | 3.0  |   | 7.70  |   | -              |
| G-III | 10.30     | 77.0 |   |   |      | 7.0  |   | 5.70  |   | -              |

(30cm以上の殉爆距離)における殉爆の因子としては固体投射物が重要である事を明らかにし、固体投射物が如何なるスタイルとして作用するかは今後の問題である。

3. シュリレン写真よりみた固体投射物の型態

低融点の投射物は殉爆の因子としての固体投射物の作用がない事を明らかにしたが、食塩等の固体投射物が殉爆因子として作用する時は固体のもつエネルギーが如何なる形で作用するものであるかを考えてみたい。

表11は第一薬包にヘキソゲンを用い端部に砂粒子 0.5グラムを附着させた場合の殉爆成績である。即ち固体投射物としては距離が30cm以上でなければ作用効果を現わさない。投射距離が大となれば未分解粒子は爆発生成ガスとの接触時間が長くなり、それだけ固体のもつ温度が上昇する。又投射時間が大となれば空気との摩擦熱によつて温度があがる事も考えられる。一方投射距離の増大によつて固体のもつ運動エネルギーは減少する事から、固体投射物の作用効果として、熱粒子的な因子を軽視出来ない事は当然である。

表 11

| 第一薬包      | ヘキソゲン |      |      |
|-----------|-------|------|------|
| 第二薬包      | ヘキソゲン |      |      |
| 殉爆距離 (cm) | (イ)   | (ロ)  | (ハ)  |
| 10        | ○○    | ○○   |      |
| 15        | ○     | ○○○  |      |
| 20        | ○○○   | ○○○  | ○○○  |
| 25        | ○△○   | ○×○  | ○×○  |
| 30        | △×○×  | ○××  | ○○×× |
| 35        | ×××   | ×××× | ×××× |
| 40        |       | ○○○○ |      |

(イ) 第一薬包のヘキソゲンは端末部を切断して、断面に粘着テープを1枚貼ったもの。

(ロ) (イ)のものに30~35メッシュの砂0.5gを附着させたもの。

(ハ) ハードル法<sup>6)</sup>による。端末は(ロ)と同じ。

表 12

| 第一薬包          | G-I (端末に食塩0.5g附着) |     |     |      |     |     |     |     |     |     |  |
|---------------|-------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 第二薬包          | ヘキソゲン             |     |     |      |     |     |     |     |     |     |  |
| 殉爆距離 (cm)     | 0                 | 0.5 | 1.0 | 2.0  | 5.0 | 8.0 | 10  | 13  | 20  | 30  |  |
| 殉爆距離 30 cm 一定 | ○                 | ○   | ×   | ×    | ○   | ○   | ×   | ×   | ○   | ○   |  |
|               | ○                 | ×   | ×   | ×    | ×   | ×   | ○   |     | ○   | ○   |  |
|               | ○                 |     | ○   | ×    |     |     | ○   |     | ○   | ○   |  |
|               | ○                 |     |     | ○    |     |     | ×   |     | ○   | ○   |  |
|               | ○                 |     |     | ○    |     |     | ○   |     | ○   | ○   |  |
| 爆率            | 5/5               | 1/2 | 1/3 | 4/11 | 1/2 | 1/2 | 4/7 | 0/1 | 5/5 | 5/5 |  |

シュリーレン写真撮影としては我々としては次のものを用いた。

|         |             |
|---------|-------------|
| スパーク電圧  | 30,000V     |
| スパーク主間隙 | 1.5cm       |
| 同補助間隙   | 20cm        |
| 凹面鏡径    | 40cm        |
| 焦点距離    | 400cm       |
| 連続6枚撮   | 配線図別に記す     |
| カメラレンズ  | f: 300mm 1m |

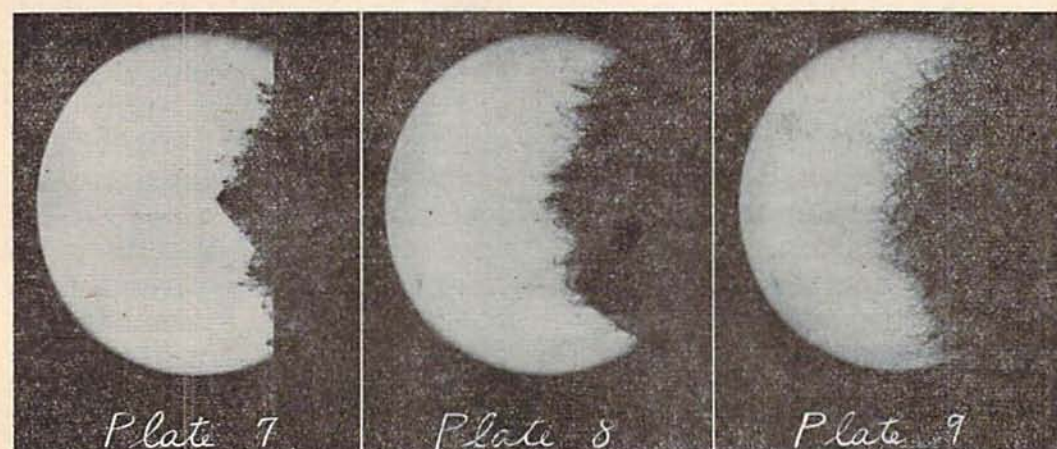
写真1は新特硝 30×70gのサイズ薬包を爆発させ

端末より7.5cm離れた位置に衝撃波が到達した時の瞬間写真です。新特硝の場合はピクリン酸トロチル等単一爆薬と異なり、衝撃波と爆薬生成ガスの分離は爆薬ガスの噴出点近傍にて顕著である。

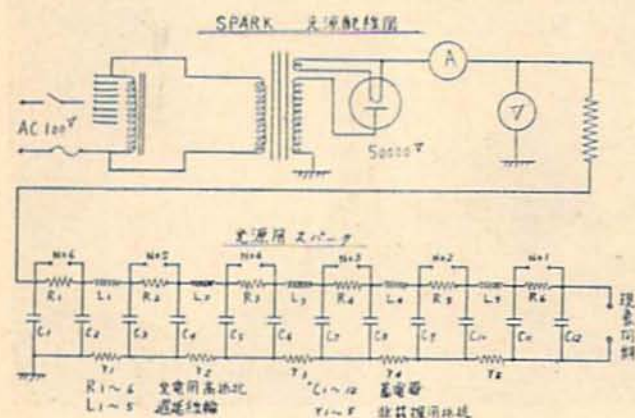
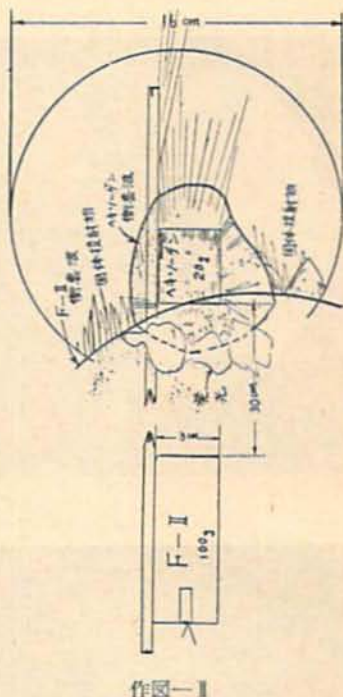
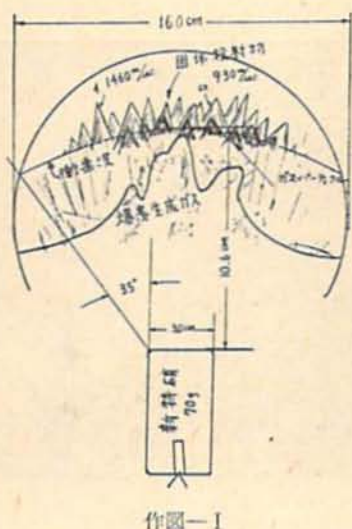
筆者は第1報において殉爆の初期における不爆(5~20cm)は第一薬包の爆薬に際して発生する衝撃波と固体投射物の分離点が5cm内外の地点にありヘキソゲンが5cm内外の殉爆距離において不爆となるのはその不爆点においては衝撃波と固体投射物とは分離し粒子が先行してこのために後続の衝撃波が第二薬包にエネルギーを付与するのを妨げるためであると考えた。今回の研究によれば新特硝の場合、固体投射物と衝撃波が分離するのは新特硝の薬包端面より7cmの距離であるとしてよい。従つて7cm以下の距離における第二薬包の不爆は第一薬包の衝撃波を受けて第二薬包が爆薬に到達する迄の爆薬中心の形成過程において後続の硝安粒子が投射されてこのために爆薬へ移る反応過程が中断されるものとみるべきであろう。そして低融点の塩類による阻害作用はBowdenの明らかにしている所である。即ち低融点の物質によつてHot Spotの形成が困難となる現象は落錘試験、摩擦試験のみならず殉爆においても認められる事が分つた。従つて初期における(殉爆試験における距離5~20cm)第二薬包の不爆は固体投射物と衝撃波の分離には全く関係なく、起爆因子としての衝撃波の強さと粗害作用としての未分解粒子の効果の大小によつて決せられるものである。

写真2はE爆薬の瞬間写真で固体投射物の分離は8~10cmで現われる。この場合は薬端から14cmの位置のものである。写真2は写真1, 3と異なるのは固体の飛行によつて生ずるウェーブの形が特長的である。我々はこのような形を形成する粒子を「ガスパーテクル」と名付けた。即ちこの粒子はその周囲にガスをもちガスとその核にある粒子とが結びついて飛行していると考えらるべきである。即ちEは新特硝に較べてガスパーテクルの発生が比較的多い事が分る。

写真3は新特硝の薬包端末より10.5cmの位置のものである。写真にあらわれた固体投射物の速度は(イ)1,460m/s, (ロ)930m/sと算出される。この地点における衝撃波の速度は4,000m/s(平均速度)内外と考えられるから固体投射物が衝撃波に先行することはあり得ない。従つてかかる粒子は単なる粒子そのものの飛行ではなく、音波速度  $C+(W) \approx$  エディカレントのウェーブ速度となる様な加速  $W$  が粒子に共存しているとみなされなければならない。即ち粒子の周囲にガスが存







在するわけで我々はこれをガスパーテクルと名づける。

写真4は殉爆距離 30cm を隔てて新特硝より飛来する種々の固体投射物を示している。粒子によるウェーブがみだれた形をとるものがあるがこれらはいずれも衝撃波に先行して走っている。この写真ではガスパーテクルが未だ第二薬包に到達しておらずヘキソゲンも、何等変化を示していない。

写真5はガスパーテクルが第二薬包に突入しており、この時ヘキソゲンは爆轟を完了している。第一薬包の爆轟によって発生する衝撃波は、この時ようやくヘキソゲンの端面に到達しに許りである。従つてこの写真は衝撃波の到達以前に第二薬包は崩壊され、事を示すので遠距離(距離 30cm)における殉爆の因子はガスパーテクルの作用であると断定し得るもので

ある。ガスパーテクルが如何なる作用機構によつてヘキソゲンが爆轟に導かれるかについては今後の研究にまねばならない。殉爆の因子を明らかにするために作図2に図形を示しておいた。

写真6, 7は活性被筒付爆薬の瞬間写真であつて写真7は薬包端面より 20cm 隔たつた位置にハトロン紙1枚をその平面が爆薬々柱に直角となる様懸吊してハトロン紙通過の粒子状態を写真にとつたものである。即ちハトロン紙を通過しないものはガスパーテクルの形をし、粒子型態をとるに対し、ハトロン紙を通過し、粒子はハトロン紙の近傍においてはガスパーテクルの特性を消失している事が分る。これに対応して殉爆試験を行つた結果を表に示し、即ち  $x=20$  cm ではヘキソゲンは 100% 完爆するに対して  $x=2\sim 10$  cm では殉爆率の低下が認められる。この実験から粒子の表面がガス化する迄の温度上昇は高温ガスとの接触による熱伝導によつて得られるものでなく粒子の空中飛行時における摩擦熱によるとみられるがガスパーテクルの作用、パーテクルのガス化に関する研究は今後の問題として残されるが殉爆因子としてのガスパーテクルは重要である。

写真8, 9は新特硝の端末部に硝安 0.5g を附着させたものである。写真8は硝安の粒度 150Me' 全通のもので写真9は 24~48 メッシュの硝安を用いた。写真8では硝安は殆んどガス化している事が分り、粗粒子の硝安は粒子のまま発射されておる事が分る。細粒子の硝安を第一薬包の端面に附着させても硝安の阻害作用が現われない。表7の実験は写真の事実と符合する事が分る。

#### 4. 結 び

衝撃波と固体粒子の相互作用に深い関係をもつ。本報告は衝撃波の空気体内の伝播速度が問題である。我々の研究も順序としては衝撃波の殉爆因子としての機構を第一とすべきであつたが、衝撃法に対する測定装置、写真撮影の技術が未熟であるために解明し易い固体投射物の機構を明らかにする事を先とした。我々は本研究によつて次の事を明らかにし得たものと思ふ。

1. 複殉爆における近距離の殉爆は衝撃波(後続する高温高压ガス流を含めて)の作用によつて発生するものではあるが、未分解の固体粒子によつて第二薬包の爆轟成長は阻害される。
2. 阻害作用の固体粒子はその物質の融解点が 250°C 以下の場合に顕著にあらわれる。
8. 固体粒子の阻害作用は粒子と衝撃波の分離点においてはじめて発生するものではなく、それ以前にも認められる事が明らかとなつた。これは衝撃波による第二薬包の爆轟は衝撃波の作用と同時に生起されるものでなくタイムラグ ( $0.8 \sim 1.2 \times 10^{-6}$  秒) があるためである。
2. 固体投射物の作用によつて殉爆が生起される時にはパーテクルはガスパーテクルの型態をとるものと

思われるが未だ不明の点が多い。

5. パーテクルが殉爆の因子として作用し得るためには、パーテクルの飛行距離が 20cm 以上でなければその能力を現わし得ない。パーテクルがガスパーテクルとして作用する場合にのみ意味を見出そうとする一つはここにある。
  6. 第2報においてハードル法、キャップ法について述べたが、これらの方法は第一薬包に単一薬葉(ヘキソゲン)を使用する時は効果がなく、新硝、硝ダイ等硝安を主成分とする薬葉を第一薬包とする時のみ効果のある事は、本報に記述した硝安の阻害作用によつてよく説明される。即ちボール紙のワイメテは投射された硝安粒子をおさえるからこのために第二薬包に硝安粒子が投射される事が極度に減少するためである。
- 本研究におけるパーテクルは微粒子のものをとりあつかつておりダイナマイトの薬包紙に附着する厚い層のパラフィン等の如く、質量、粒子の大きなものについては別問題である事をお断りしておきます。

(中間報告をするに当り、御指導を賜つた疋田教授、村田勉氏、清水達英氏に心から謝意を表します。)

#### 文 献

- 1) 工火会誌 11-2号。
- 2) 英立社: 理化学便覧。
- 3) T. L. Nappier: Phil Trans A 241 (1948).
- 4) F. P. Bowden & O. A. Gurton: Proc. Roy. Soc. (1949).
- 5) T. Hikita: 工業火協 No. 22.
- 6) 渡辺, 佐藤: 工業火協 12巻第2册。

### Study of the Double Sympathetic Detonation

by Teigo Watanabe and Ojin Murata

1. In general, it is understood that explosives, when unconfined, do not detonate completely, consequently that a part of Ammonium Nitrate contained in explosives still remains as undecomposed particles in the products of detonation.

The detonation of the second cartridge (Receiver) is generally caused by means of the shock wave or the gas mixture of high temperature and high pressure produced by the first cartridge (Sender) when

detonated. In this case, it is seen that the initiation of detonation of the receiver does not occur simultaneously with the impact of shock wave on itself and is accompanied with some time lag. When the undecomposed particles from the sender were emitted onto the receiver, there was seen the fact that they checked development into detonation of the receiver. It was clarified that such an impedimental effect by salts emitted

from the sender was ascribed to the melting point of salts, i. e. any salt, the melting point of which is less than 250°C, does certainly impede progress into detonation.

2. It was ascertained by the Schlieren photograph that when the explosion of the receiver is initiated by the impact of the solid particles emitted from the sender, solid particles are characterized to be in the form of gaseous particles, and that even with any salt of high melting point, the particles which cannot form themselves into gaseous particles do not act on the receiver to lead it to detonation. In general the transformation of

solid particles into gaseous particles is accompanied with such a condition as flying distance should be more than 20cm, resulting in the occurrence of double sympathetic detonation.

3. It is understood that the double sympathetic detonation is caused by the impact of the solid particles emitted from the sender, however if the melting point of any of the particles containing salts should be less than 250°C, such particles are deprived of the function as a factor of sympathetic detonation. The results are shown in the Table 8 below.

Table 8

| Kind of Salt                                |    | None | A/N | AgNO <sub>3</sub> | SnCl <sub>2</sub> | CuSO <sub>4</sub> | KNO <sub>3</sub> | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | NaCl |
|---|----|------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|---|------|
| Melting Point (°C)                          |    | —    | 168 | 212               | 241               | 258               | 336              | 513   | 800  |
| Distance between<br>the two cartridges (cm) | 5  | 3/3  | 0/2 | 1/3               | 3/4               | 2/2               | 3/5              | 3/3   | 3/3  |
|   | 8  | 0/3  | 0/2 |                   | 0/2               | 0/2               | 0/2              | 3/3   | 3/3  |
|   | 10 |      | 0/2 |                   | 0/3               |                   |                  | 0/2   | 0/3  |
|   | 30 | 0/2  | 0/2 | 0/2               | 1/4               | 2/3               | 3/3              | 3/3   | 3/2  |
|   | 40 | 0/2  | 0/1 |                   | 0/3               | 0/3               | 0/3              | 0/3   | 3/4  |
|   | 50 |      | 0/2 |                   |                   |                   |                  |   | 0/3  |

Sender: G-I, Receiver: RDX

Remarks: The figures in the table indicates the number of detonation occurring over the number of experiments. According to the table, the materials whose melting point is lower than 250°C shorten the distance of sympathetic detonation.

The sympathetic detonation system can be shown by the Schlieren method.

In the secondary zone the receiver is detonated before the impact of the shock wave is delivered upon an end of the receiver. Plate-5 shows it. Detonation is caused by the impact of particles in the

gaseous products.

It can be said from this fact there are two ways of behaviour with these particles. For one thing, some particles act to check development into detonation of the receiver; for another act to help the initiation of detonation of the receiver and these particles will lose such a behaviour, after they fly through a paper screen. After penetrating the particles are generally not enveloped in the gaseous products. Plate-7 and Table 12 show this state.

(Taketoyo Plant. Nihon Yushi Co., Ltd.)