

Oscillographic records for various dummy samples (Fig. 5) show the wave form is characteristic to each sample material and generally has a peak which corresponds to the maximum pressure during the compression of the sample (Fig. 6). The time interval from the onset of the wave to the peak ( $t_m$ ) is increased with the sample amount (Table. 3). From the peak we can derive the maximum pressure  $P_m$  (Table 3). The work done to the sample during this compression process ( $W$ ) is also estimated assuming a simple model (Table 3).

Induction periods to initiation are known from records for fired P. E. T. N. samples (Fig. 8), from those the initiation temperatu-

res are estimated to be between ca. 400—450 °C. Initiation pressures are also obtained from the records. These data are compared with the data of the previous publications.

Wave forms for perfectly exploded samples of picric acid (Fig. 9) are generally separated into two vibrations (which correspond to two successive explosions). Partly exploded sample has, however, a single violent oscillation in its oscillogram. This peculiar feature is discussed in relation to the mechanism of initiation of explosion,

Oscillations of misfired samples are much less in their amplitudes compared to those of the fired ones. This fact is useful as a criterion of explosion.

---

## 危険物質の鉄管試験法 (I)

大久保正八郎・飯田稔\*

### I. 緒 論

従来行なわれてきた火薬類の安全性に関する試験は、各種安定度試験（自然分解に関するもの）、発火点試験等熱に対する感度）、落槌試験、摩擦試験等（機械的衝撃に対する感度）等があるが、このうち安定度試験は主として硝酸エステル類に必要なもので今この自然分解による災害を一応除外して考えれば、一般的には災害と関連性のあるのは熱感度と機械的衝撃感度である。すなわち、何かの原因で着火し、燃え広がり、火災となり、又はその熱の蓄積によりついには爆轟となる、という場合と、何らかの原因により危険物の上に重いものが落ちてきて発火、爆轟するとか、混合中に異物が入り摩擦により発火、爆轟する、というようなものが事故の大部分である。このようなことは火薬類と定義されたものでなくとも、例えば過酸化水素とか、低ニトロ化合物（多くは染料中間体）とか、或はその他の一般化学薬品、肥料、農薬等についても起りうる場合が多い。

ここでもう一度事故の過程について解析的に考えてみよう。先づ不幸にして危険物の一部に着火又は小爆発が起つたとする。この時消火してしまうか爆発がその部分で止つてしまえば被害は少なく済むわけである。すなわち火や爆発が伝つて発展するから大事故になるのである。ここで単なる伝火については省略し、爆発の場合のみについて考えてみる。前述の如く先づ一部で爆発が起る。この爆発はその危険物の一部で起る場合もあるし、他の物質である場合もある。そこで一応他の物質が先づ小爆発を起したとする。(1) これに近接している物質がその爆轟を受けて誘爆するか、しないか、が先づ問題になる。これにはその最初の爆発の強さが関係するが、後述の如く我々が試験をする場合には RDX 数 g を 6 号電気雷管で起爆する。これは火薬を利用する場合の起爆力としてはそう強い方でもなく、これだけでは完爆出来ぬようなこともあるが一応弱くとも何とか起爆出来る量であり、災害としての起爆力としては割合強い方ともいえる。すなわち、火薬工場以外の所での、又は火薬そのものから起きたものでない災害は大体初めからそう完全な、この

昭和38年12月10日受理

\* 東京工業試験所第7部 神奈川県厚木

程度以上の爆轟が起るとはあまり考えられないのである。この性質を仮に起爆性と名づけておこう。

次に(2)起(誘)爆したとしてもその爆轟が伝つてゆくかどうか(伝爆性)により大事故に発展するかどうかがきまる。伝爆の現象については昔から色々理論が立てられ、実験がくり返されてこれには薬種、状態、薬径、装填比重等色々面倒な要因があるが、試験の場合に与えられた試料についてこれらの要因を組合わせて精密に実験を行なうとするとその数はぼう大なものになり、手間、時間、費用等の点からみて大変であるので一応の基準を定めて先づ簡単に試験しその傾向をたしかめ疑わしい時に更に高度の試験を行なうことにすればよいと思う。

これを要するに、ある物質の安全度が未知である場合、先づ発火点をしらべ着火性感度を知り、落穂、摩擦試験により機械的衝撃感度をしらべるのが常識であるが、普通の火薬類はこれでよいとしても、硝油爆薬のような鈍いものとか、火薬類でない前述のような爆発性を持つと思われる物質等に対してはこれに加えて、起爆性、伝爆性を更にしらべればその取扱上の安全指針を得ることが出来わけである。

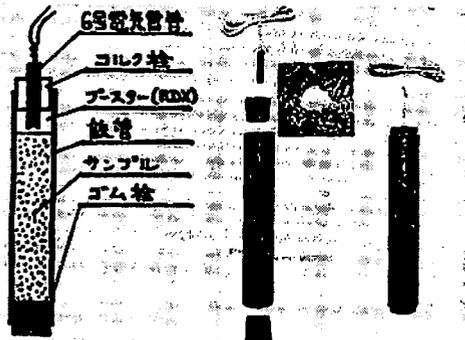


写真 1

## II. 試験法

その方法は色々あるが、我々が実施している試験法は次の通りである。すなはち、写真1の如く、外径34mm、内径27mm、のガス用鉄管を15cm~50cm、位に切り、下部にゴム栓等をして試料をつめ、その上にプスターとしてRDX2gをおき、これを6号電気雷管で起爆する。作った試料のうち1~2本は内容物を試料の代りに何か不活性(不燃、不爆)の物、例えば食塩などをつめておく。このものを起爆した時の管のわれ方又はふくらみは雷管とプスターとのみの力によるものであるから、これは、起爆されたか、更に伝爆したかが判定出来る。又この時破片の大きさ、形状等をしらべるにより爆発力の強さを定性的ではあるが見当をつけることが出来る。(写真2)



写真 2

このようにして調べると、落穂感度はかなり鋭敏に出ても伝爆性のないため意外安全であつたり、又その逆のことがあつたり、着火性が非常に鋭いのに爆発性が無かつたり色々な場合を経験する。

## III. 問題点

次にこの試験法に対する色々な問題点について一つ検討をこころみよう。

先づここでお断りしておきたいことは、我々のこの研究の過程があたかも言語の発達のような経過をたどつて来た、ということである。すなはち言葉が意志の伝達という必要性から先づ片言が生じ、だんだんとよりよい表現に進み、文法が統一されますます美しい文体となると同様にこの研究も数年前某社から硝酸尿素を主体とした肥料の安全性につき相談を受け、一案として実施してみたのがそもそも初めであり、それから次々と依頼を受け、又所内においても色々な物質について実験を重ね改良をして今日に至つたものである。その間にもう少し勤勉に研究を行なえば次にあげるような問題も恐らく相当解決していたであろうが怠慢、浅学の故に一部分しか判っていないことを深く恥づるものである。さて：—

### (1) パイプについて

A. 材質：必要な条件は、a) 安価で、b) 入手しやすく、c) 結果に有意差が大きく現われ、d) しかも再現性の良いもの、である。大体鋼管、ガス管が良いと思われ、我々はガス管を用いているがこの他に何かよいことがあるかもしれぬという考えで銅、黄銅、アルミ、硬質ビニル等の管について今実験中である。尚、鋼管とガス管との比較も検討中である。

B. 寸度：Taylor 等によれば管が細いと爆轟の中断現象が起る。我々もこれについては経験しているが、これにも色々問題がある。例えば薬種と最小薬径との間に限界があるかどうか？ すなはち、硝安ならば径が約9cm あれば伝爆は中断しないというが、他のこれより鈍い物質で、例えば9cm なら中断するが、

12cm ならばしない、というようなことがあるかどうか？ このようなことは恐らく未だ研究されていないと思う。しからば一応この辺の価を取つて、試験の時は 9~10cm 位の薬径にしたらばどうかという考え方もあるが、これでは薬量が多くなり爆発した場合相当な力が出るので実験を簡単にどこでもやるというわけにゆかない。又すべてのものにこの径を用いる必要もないであろう。そこで現在は前述の如く、内径 27mm のガス管を用いているのである。しかし一応この問題についてももう少し深く研究する必要がある。

C. 緊密度：これも Taylor によれば管は充分硬く、緊密されていなければならない、とされている。ただしこれは火薬を利用する時、紙筒等では強く（早い爆速で）爆轟させることが出来ないとか、中断現象が起るとかをいつていて、鉄管の少し肉厚なものを用いればよいとしているが、今問題としているような火薬類でないものが、しかも爆轟させようと思つてゐるのではない場合、そのように強い管に固体のようなものがたく詰つてゐるとは考えられず、その意味で前述のようなガス管に栓をした程度で充分と考えられる。鉄管にねじを切つたり、ふたの金具を作つたりすることが面倒なばかりでなく、又考えようによつて、底部をあまり強く閉すと上からの爆圧で試料が圧縮され死圧現象を起すことにもなる。尚上の栓も、RDX は爆速が充分大きいので試料の上部に衝撃を与える一瞬支えてくれさえすればよいと考えコルク栓にした。しかしこれについてももう少ししらべる必要がある。

## (2) 試料について

A. 薬種：これはどんなものが来るか全く判らない。出来るだけ文献等をしらべ、又前述の如く発火点とか落穂感度等をよくしらべておく方がよい。

B. 状態：水分、結晶性状、粒度、純度、等の影響により結果が相当異なることがあるからよく調べることに同時にあくまで安全性の試験であるから、実際に取扱う時にありうる状態におけるものを重点とすべきである。

C. 薬量：これは管径と管長と比重とで大体決つてしまう。あまり多量であると爆発した時力が大きいためから実験の時許容性を考えるべきで、我々は大体 1本 50g~200g にしている。

D. 装填比重：爆薬として仕事をさせるならば普通は許すかぎり装填比重を上げるべきであるが、この場合はちがう。又、物質によつてはあまり比重を上げると爆轟しなくなるものもある。それで実際には粉状のものを軽くトントンとたたいて自然に落付かせる程度にしている。但し、この場合試料がフワフワしているか、しつとりしているか、比較的かち詰めてある

か、比較的硬く詰めてあるかにより管のわれ方に差を生ずる。写真 3. はその一例であつて、No. 22 と No. 22', No. 23 と No. 23' とは同じ不活性試料が詰めて

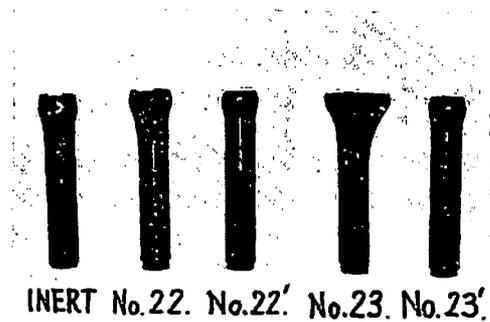


写真 3

あつたが、前者は軽く、後者はややかたく詰めた。起爆しても試料は不活性であるから雷管とブースターとの力で管がわれたわけであるが、前者の口の方が大きくさけ後者は口もとがふくらむ。No. 23' では口もとに約 3mm のきれつが入つてゐる。この理由は軽く詰つてゐると爆風が中に入り込み、それで口を大きくあけ、やや硬い方は入り込みにくく口もとがふくらむのであると思われる。このようにして、一見すると若しこれが未知の試料である時、前者のようであれば多少起爆されたような感じを、後者のようであれば不爆のような感じを受けるのでよく注意しなければならない。しかしこの実験をやや起爆性のあるものについて行つて面白い結果を得た。写真 4 がそれで、不活性なもの

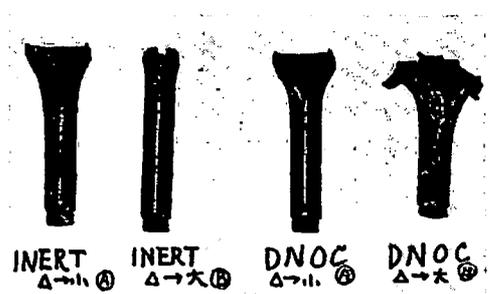


写真 4

については前と全く同じであるが、DNOC (後出) であるとむしろその反対になる。この場合は試料そのものの爆圧で管がわれるからあまり差が出ず、むしろ装填比重がやや大きな方が爆力もやや強く出ると解読され、これを逆用すれば非常に微弱な起爆性でも検出されるのではないかと思われる。これも更に研究を要する。

### (3) ブースターについて

A. 必要性：ブースターが必要であるかどうかというところであるが、殆んどの場合必要である。すなはち、6号雷管では当然弱いし、8号でも薬量は約2gであるからもう少し強い方がよい。ブースターを2g用いたら相当強く起爆出来たのに、これを除いて6号1本を用いたら不爆であった例もある。

B. 薬種：先づ強いものを、と考えれば、テトリール、RDX、ペントリット等である。これ等はあまり差はない。我々はRDXを用いた。これについてはあまり研究の必要もなさそうに思われる。もつとも何か共鳴的(?)な現象もあるようであるが未だよく判っていないし、大体この程度で良さそうである。

C. 薬量：我々の用いている管ではRDX 2g位がわれ方からいうと一番良さそうである。写真5の如

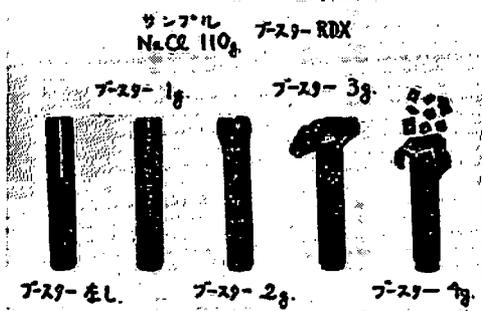


写真 5

く、不活性の場合でも4gでは相当ひどくわれてしまう。又1gでは8号雷管と同程度で少し弱い。

D. 装填法：従来の方法では、ブースターを試料の上に直接一面で接触するようにしきつめたが、硝油爆薬の起爆性を調べている時、円筒状にして埋込んだ方が相当起爆力が強いことが判った。これはブースターの接触面が多くなり有効量が增大するので当然と思われるがためしに硝安単体について実験してみた。その結果が写真6である。未だ実験回数が少ないので決

### Boosterの装填法の影響

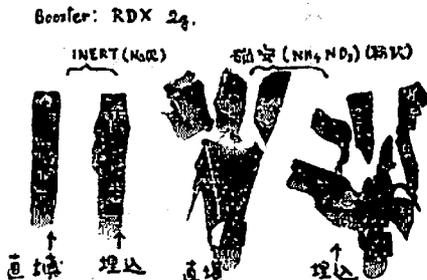


写真 6

定的なことは云えないが、この場合はどうしたわけかあまり差がないが、やはり埋込の方がやや強いように思われる。しかしこれは重要なことであるから更に多く実験を試みる必要がある。この起爆力の伝達はあくまでブースターと試料との接触面積に関係すると思われるから、一面で接触する方法ではブースターの量をむやみと多くしてもその有効力は増加しない。故小林明夫氏の研究によれば底角45°の円錐形の部分の火薬のみが底面に作用する力の基となる、という。

### (4) 雷管について

前述の如くブースターを用いるので雷管は6号電気雷管を用いる。これが一番入手しやすく使いやすい。同じ6号でも、製造会社や製造時期が異ると多少薬種薬量が異なることがあるが、この試験にはそれ程微妙な影響は無さそうである。

### (5) 不活性物質について

我々は手近にあるものを色々用いてみたが、食塩等は入手しやすいし、安価であるからよいのではないかと思われる。石灰とかクレンザー等も用いてみたがこれらはよく乾いているとフワフワして軽すぎ、前述の如く若干大きくさける傾向がある。しかし試料によってはこれ等のものと似たものならばかえって比較によいかもしれない。

### (6) BAMの試験法について

実は我々、浅学の故知らなかつたのであるが、東大の岡崎助教授よりドイツBAMに於て次の如き規定があり実施されていることを指摘されたので略記する。

#### A. 1" 鋼管試験

8号雷管で起爆。外径33mm、肉厚4mm、長さ300mmの鋼管を用い、伝播、局部伝播、不伝播の3クラスで判定する。以下判定法は同じ。

#### B. 2" 鋼管試験

50gのペレット状RDXをブースターとして、外径60mm、肉厚5mm、長さ500mmの鋼管を用いる。

#### C. 4" 鋼管試験

鈍感ではあるが多量に貯蔵され、爆発した時の被害が大きいと看される物質、例えば硝安を含む肥料などに対しより厳しい条件下で試験をする。外径114mm、肉厚8mm、長さ1,000mmの鋼管を用い、RDX100gでブーストする。

これだけあれば全く申分なく、若干追試して我国でも規則に加えればよさそうにも思えるが、唯、我々の考え方からすると、ブースターをこのように多量に必要とするかどうか、すなはち、感度の鈍さ、というのが単にブースターの薬量を増加しただけで補って起爆、伝爆にもつて行けるかどうか若干疑問があるのでよく確かめてみたい気がすると同時に、検定を行なう

時実際問題としてこのように薬量を多く用いることの不便さを考えれば我々のやり方でももう少し改良すれば良さそうにも思われる。それと若干ニューアンスの異なる点は、この BAM の試験法では起爆力を充分大きくして、燃轟を必ず起し、むしろ伝爆するかどうかをみる、というようであるが、我々の考え方は、不幸にして一部に小爆発が起つた時、すなはちほんの一寸したことから災害が発生し、それが広がるかどうか、をみるわけで、初めから理想的な(?)起爆が行なわれたとは考えないのであるが、これでは甘すぎるであろうか?

#### IV. 実 例

最後に若干の実例についてのべてみよう。色々な事情からあまり詳細に報告出来ない点もあるがおゆるし願いたい。

1. 硝酸尿素を主体とし、これにアンガウル鉱、フロリダ鉱等の燐鉱石粉末を加えた肥料。

これは面白いことに、落槌試験では不爆点は、硝酸単体で 30cm~35cm、混合物では 15cm (分解)と出ているが、鉄管試験では全く逆で、単体は殆んど完爆し、混合物は不爆であった。これは落槌試験では混合物は鉱石の角のためか又は熱伝導が悪いかの理由により一部分解を起し、いかにも鋭感のように思われるが、実際に爆発させてみると、硝尿が鉱石で薄められたような形になり伝爆しなくなつたものと思われる。

2. 過酸化ラウロイル酸と過酸化ベンゾイル、

後者は若干起爆されるようであるが前者は先づしないといつてよい。どちらも伝爆はしない。

3. 硝安単体

これは色々な状態があり何ともいえないがとにかく我々の程度の試験で一応起爆されるしある程度伝爆する。しかし破片は大きい。なお、硝油爆薬で 94:6 のものの方が硝安単体よりかえつて鈍いようであるが、確定的なことはいえない。(写真7)

4. 過塩素酸アンモン及びこれと Al との混合物、

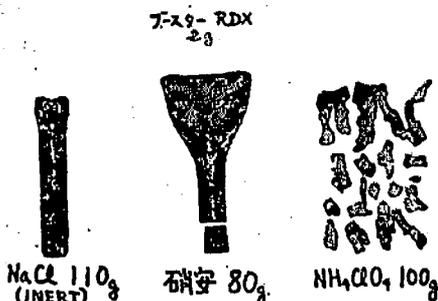


写真 7

過塩素酸アンモンの単体はどれも起爆され伝爆するようである。粉末アルミとの混合物はメッシュ等により若干異るとは思うが大体 10:0, 8:2, 5:5, 2:8 とアルミが増加するにつれて鈍くなるようである。但し、落槌試験では、39cm, 34cm, 37cm, 42cm, となつており単体の場合かえつて鈍く出ているが判らない。

5. 除草剤 (混合物)

大体は塩素酸ソーダを主体としたもので前に写真2で示した如く、混合する物により相当強く爆発するが、しないものもある。但し、主剤に  $\text{NaNO}_2$  を用いたものは除草効果は若干弱いようであるが爆発等の危険性はない。

6. 塩素酸カリ、過塩素酸カリ、過硫酸アンモンこれらは一寸疑問であるがとにかく伝爆はしない。(写真8)

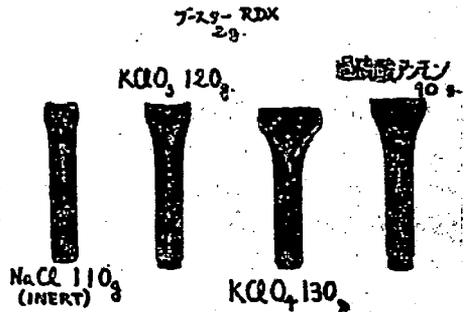


写真 8

7. 臭素酸ソーダ、臭素酸カリ

パーマネントウェーブの第2液の原料であるが、実験の結果はソーダ塩の方がやや起爆されたかな? という程度である。もちろん伝爆はしない。

8. 除草剤, DNOC

2-4 ジニトロ-オルソ-クレゾール、でこれのアンモニウム塩と、ナトリウム塩がある。いづれも割合に火が着きやすく、前者は発火点  $215^\circ\text{C}$ 、後者は  $315^\circ\text{C}$  位である。しかし落槌試験では前者は 20cm で不爆、30cm で一部分解するのに、後者は 20cm で一部分解する。燃え方は相当激しいが鉄管試験ではやや起爆されたかどうか、という位で、もちろん伝爆はしない。

9. 硝酸グアニチン

これは鉄管試験では明らかに起爆、伝爆するが、落槌試験では 10kg ハンマーを用いても 60cm 以上である。発火点は  $420^\circ\text{C}$  位で、明りようではないが  $400^\circ\text{C}$  位の時と異つた状態を示す。

10. クロールジニトロベンゼンスルホン酸ソーダ

染料中間体である。落槌試験では、18cm で不爆 19cm で 1/10 分解、20cm で 3/10 分解というような程度であるが、鉄管試験では不爆である。これに反し

て、2-4 デニトロトルオールは、落槌は 70cm 以上であるが、鉄管試験では完爆する。

未だ色々な実例はあるがこの辺で一応打切っておく。これらの判定も実はあまり実験回数が多くなく、

又ブースターの薬量、管径等も色々変えてみたわけではないから、100% 正しいともいい切れない。皆様が異なる実験データをお持ちならば御叱正をお願いする。(昭和38年4月、工業火薬協会春季研究発表会で講演)

### **Método de Prueba del Tubo de Hierro para Las Materias peligrosas.**

S. Ohkubo y M. Iida

Salvo las de definición de explosivos, sin embargo, hay muchas materias peligrosas de explosión. Por ejemplo, son unos de compuestos de peróxido, bajo de nítrico, abonos con nitrato amónico, específicos para escandar hierbajos con clorato sódico y otros. Verdaderamente, estas substancias tienen unas propiedades peligrosas, pero casi ninguno no conocen la manera apropiada de tratarlas para su fabricación, transportación, almacenamiento o usamiento y otros.

Hay varios métodos para probar las sensibilidades de explosivos, prueba de martillo pilón (choque), prueba de fricción (fricción), prueba de la temperatura de ignición o de cacerola de hierro (fuego), prueba de chispa eléctrica (electricidad) etc.; pero es necesario para otras materias peligrosas, que probar su propiedad de iniciación o explosión por simpatía y propagación de explosión además, pues podemos saber las normas para tratarlas, si reconocemos la dificultad y facilidad de iniciación por algo estímulo de poca cantidad, y la posibilidad de desarrollo hasta gran accidente por la propagación.

Por lo tanto, hemos tratados de esa prueba

del tubo de hierro, como un método, y obtenidos unas consecuencias interesantes. Es decir; cortar tubo de gas a casi 20cm. de largo que tiene 34mm. de diámetro exterior y 27mm. interior. Cerrando un lado del tubo con la tapa de goma llenar la prueba, y después poner RDX de 2g. en ella, como detonador auxiliar, con la capsula eléctrica No. 6. y tapar con corcho.

De este modo, hacer unas pruebas, y también "la inerte" que llenada con materia inerte en lugar de la prueba, como NaCl etc.

Luego detonarlo, comparando las situación de los fragmentos, considerar a sus propiedades de iniciación y propagación de explosión.

Ese método está incompleto y, hay muchas problemas pendentés; por eso, hay que estudiar y mejorarlo más y más; sin embargo, tenemos que probarlas actualmente y usamos esa manera por lo pronto.

En B. A. M. (Alemania) se realiza prueba del tubo de hierro más completo que la de nosotros, pero hay poquita diferencia entre las interpretaciones de ellos y nosotros.