

- 4) 京大, 若園吉一氏実測
 5) Meldola, Hay : J. C. S. 1907, 91, 1974.
 6) Bergmann Engel Sander : Ber 1930, 63, 2542.
 7) Gomberg Bachmann : J. Am. C. S. 46, 2339,

1924.
 Gomberg Pernert : ibid 48, 1372, 1926.
 8) Kvalness : J Am C. S. 56, 2478, 1934.
 9) I. G. : EP 390, 0.29 : D. R. P. 508, 395.
 10) Goldschmidt : Ber. 28, 2020, 1895.

Studies on D. D. N. P. (I)

The chemical decomposition products of D. D. N. P.

M. Ishikawa

In this paper several properties of the alkali decomposition products of D. D. N. P. were studied. Decomposition products of D. D. N. P. were separated into four parts by column chromatograph. The four components were named as A, B₁, B₂, C, component, in the order of the R_f value.

The molecular weights, nitrogen contents, absorption curve in several wave length, and some other chemical properties of the components were studied, and the following conclusions were obtained.

(1) Component A is considered to be 2-4-dinitrophenol.

(2) Component B₁ is considered to be a azo-compound, formed by [coupling between the decomposition products of D. D. N. P. and undecomposed D. D. N. P.

(3) Component B₂ is considered to be a diaryl formed by the direct combination of the two aromatic nucleus of the above mentioned azo-compound.

(4) Component C is considered to be a mixture of several high molecular substances. They are considered to be polymerized forms of the above mentioned several phenols.

雷管威力試験法の検討

(第1報 雷管起爆作用との関係)

井田 一夫* 磯谷 隆*

山本 顕一郎* 工藤 隆義*

I. 緒 言

従来雷管の威力とは即ち猛度であると定義され、雷管の威力測定も猛度を測定することであると考へられていた。猛度は色々と定義されているが¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、概念的には衝動圧或は衝動量を以て表わすことが出来る。然し乍ら雷管の威力(起爆力)には、衝動圧による作用、管体破片の投射による作用、爆発熱による作用等

が考へられ⁵⁾、この中で最も有効なものは、管体破片の投射による作用であることが判明したり。而してこれらの諸作用の総合されたものが雷管の威力であるから、雷管の威力試験法としては之等の諸効果を適切に表現するもので、而も操作が簡単で試験経費の少ないものが望ましいのである。

本報告は、従来から提示されている種々の試験法を紹介し、代表的な試験法について、それが表現する起

* 日本化学KK折尾作業所 福岡県若松市大字渡川

爆作用、その試験法に影響を及ぼす試験条件等を検討する事によつて、最も合理的な雷管の威力試験法を見出すことを目的とした。

II: 雷管威力試験法の概要

雷管の威力試験法を大別すると、①雷管自体の爆力を直接測定する直接法と、②雷管と爆薬とを組み合せ爆薬の爆力を測定することによつて、雷管の威力を判

表 1 雷管単独の威力を測定する方法(直接法)総括

No.	試験法の名称	参考文献
1	鉛板試験	7) 8) 9) 10) 11)
2	釘試験	12) 10) 11) 13) 1)
3	砂試験	14) 15) 16) 17)
4	鉛礫試験	10) 13)
5	横臥試験	1) 18)
6	銅柱圧縮試験	19) 20)
7	水中に於ける銅柱圧縮試験	21)
8	エポナイト板試験	22)
9	小型振り試験	23)
10	衝撃振り試験	24)
11	球試験	25)
12	水孔鉛礫試験	26)
13	破片試験	27)
14	ホプキンソン桿試験	28) 29)
15	鉄板凹み試験	30)
16	雷管爆轟圧力の測定	31) 32)

備考 鉛板試験に於る鉛板の厚さは3~6mmのものが使用されて居り一定していない。鉛板の代りにアルミ板、真鍮板を使用する方法もある。砂試験には100gの砂を使用するNo.1型と200gの砂を使用するNo.2型がある。

表 2 雷管と組合せた爆薬の威力を測定する方法(間接法)総括

No.	試験法の名称	参考文献
1	Esop 試験	33)
2	Wöhler 試験	34) 35)
3	Haid 試験	36) 7)
4	吸湿硝爆によるヘス試験	37)
5	鈍化爆薬の起爆薬長試験	38)
6	爆薬の限界密度試験	38)
7	鉛板上の爆痕による爆力試験	38)
8	感応試験	39)
9	砲丸投射試験	40)
10	小薬包試験	41)

定する間接法とに分けることが出来る。雷管は爆薬を起爆させることを目的とする道具であるから、雷管と組合せた爆薬の爆力を測定するのが実際的な方法だと思われるが、爆薬を使用する試験法は経費や労力が

多くかかるので、雷管のみの試験によつて手軽に威力を判定する方法も必要である。

従来提示されている雷管威力試験法を直接法と間接法とに分けて纏めると表1及び表2の如くである。即ち、これによれば雷管の威力測定法としては、二十数種類もの多数のものが提案されているが、直接法に於ては破片試験以外は殆んどすべて雷管の衝動量若くは衝動圧を測定することを目的としたものであり、これらによつても雷管の威力は衝動作用によつて表わされると考へられていたことが分る。

然し乍ら最近は合成樹脂雷管の如く、衝動圧は同じでも銅雷管などとは相当威力の異つた雷管が普及して来たので、雷管の威力を測定する場合には、衝動作用以外に管体破片の投射作用や雷管爆発時に生ずる熱などが測定されなければ、雷管威力の合理的な判定は困難となつた。従つて以下代表的な試験法について、その表現する起爆作用などについて検討する。

表 3 試料雷管の諸元

試料 No.	変化させた威力因子(単位)	その他の組立諸元
No.1	管体厚さ { 0.15 0.20 0.25 (mm) 0.30	管体: 銅(底上), 内管: 銅 添装薬: テトリール 0.45g, 110kg/本 起爆薬: 雷米爆粉 0.40g, 40kg/本
No.2	添装薬 圧搾圧力 { 10 40 (kg/本) 110 150	管体肉厚: 0.15mm 他は同上
No.3	添装薬種 { テトリール, パントリツ ト, コンボ ジションB	添装薬圧搾力: 110kg/本 他は同上
No.4	添装薬量 { 0.20 0.35 0.45 (g) 0.90	添装薬種: テトリール 他は同上
No.5	管体内径 (薬径) { 5.0 6.2 8.0 (mm) 10.0	添装薬量: 0.45g 他は同上
No.6	管体材質 { 銅, 鉄, アルミ, PVC	内管材質: 管体材質と 同じ, 但し PVC 管体 は銅内管 他は同上

III. 主な試験法の検討(その1-総論)

前項で述べた二十数種類の雷管威力試験法の中で現在世界各国で最も広く採用されて居り、又我々が実用している試験法は直接法としては、①鉛板試験、②釘試験、③砂試験、④鉛礫試験、⑤球試験、間接法としては、⑥ハイド試験、⑦吸湿硝爆によるヘス試験、であると思われる。

以下に於て、之等代表的な威力試験法について検討し、最も合理的な試験法を見出すこととする。

3.1 雷管の威力因子

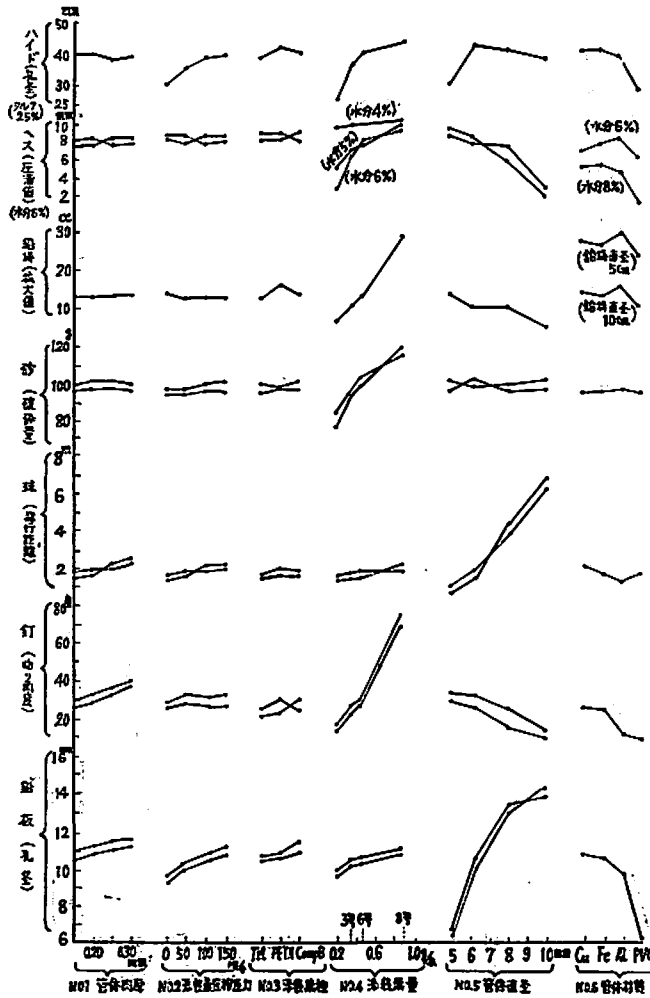


図1 雷管の威力因子と各種試験法の関係

雷管の威力を変える要因（これを威力因子と称することとする）は多数ある。例えば添装薬量を変えても管体材質を変えても、雷管の威力を変化させることが出来る。而して雷管の威力試験法を総合的に判断するには、威力因子を出来るだけ多く変化させた雷管について試験することが望ましい。従つてこの実験に於ける雷管試料としては、表3に示す如く、添装薬種、薬量、圧搾圧、雷管内厚、材質、直径等多くの因子を変えた合計23種類の雷管を使用した。

3.2 威力因子と各種試験法の測定値との関係

上記の試料雷管によつて、鉛板試験、釘試験、砂試験、鉛錘試験、球試験、ハイド試験、ヘス試験を実施した結果は図1の如くである。図に於て線の2本あるものは、試験を2回実施した値であるが、どの試験でも2本の線は大体同じ傾向を示すので、測定値は再現性があると考えてよい。図1によると、雷管の威力試

験法によつて表現される雷管威力の強弱は威力因子によつて異なることが認められる。例えば、管体材質を変えると（No.1）、鉛板試験、釘試験では、肉厚の厚いものほど威力の大きい値が得られるが、その他の試験では肉厚によつて威力はあまり変わらない。又雷管の直径を大きくすると（No.5）、鉛板試験、球試験では威力が大きく表われるが、釘試験、鉛錘試験、ヘス試験では逆に威力が小さく表われる。この様に雷管威力の強弱は威力因子によつて、各試験法毎に異なるものであるから、唯一つの試験法で雷管威力を判定するのは危険である。

3.3 威力因子と起爆作用との関係

雷管の起爆作用には既述の如く、衝動作用、破片作用、熱作用の三つが考へられるが、雷管の威力因子によつて之等三つの起爆作用がどの様になるかを試験した結果が図2である。衝動作用は衝撃振子によつて、

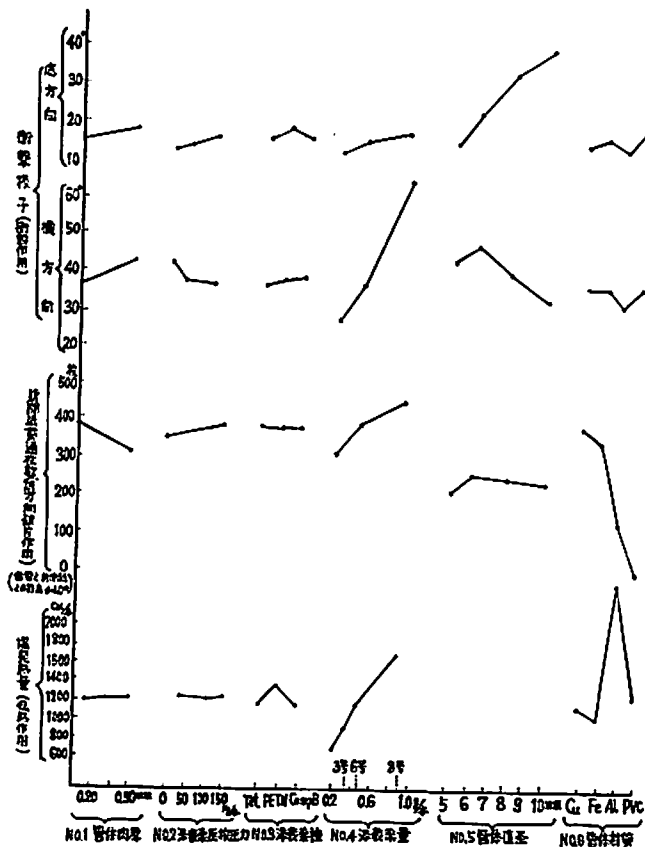


図 2 雷管の威力因子と起爆作用との関係

破片作用は新聞紙貫通枚数によつて、熱作用は爆発熱量によつて表わすこととする。

図 2 によると、例えば管体材質がアルミニウムの場合には、衝撃作用、破片作用は銅より悪いが、発熱量は銅より遙かに大きいことが認められる。

即ち、図 1 と図 2 とを比較検討することによつて、雷管の起爆作用と威力試験法の関係、換言すれば各々の威力試験法が衝撃作用を表わしているか、破片作用を表わしているか、などを検討することが出来る。この点については次の各論に於て考察する。

IV. 主な試験法の検討 (その 2—各論)

4.1 鉛板試験

鉛板試験は世界各国で最も広く採用されている雷管

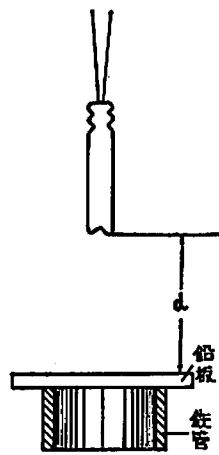


図 3 雷管と鉛板との距離を変えた鉛板試験

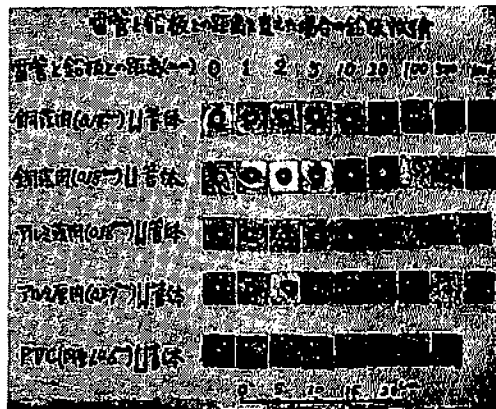


写真 1 雷管と鉛板との距離を変えた場合の鉛板試験の穿孔状況

の威力試験法で、一般には穿孔径によつて雷管底方向の猛度を示し、鉛板上に生じた条痕によつて横方向の猛度を示すといわれる¹⁾。

図 1 及び図 2 によつて鉛板試験が表現する起爆作用を検討して見ると、図 1 に於ける鉛板試験の曲線と図 2 に於ける雷管底方向の衝撃振子の曲線とが同じ傾向を示しているので、鉛板試験は雷管底方向の衝撃効果

表 4 雷管と鉛板との距離を変えた鉛板試験 (mm)

雷管 距離	銅管体(底上)	銅管体(平底)	銅管体(底ナン)	アルミ管体(底上)	PVC管体(平底)
0cm	11.5×11.5	10.2×10.2	11.7×11.7	8.9× 8.8	7.2× 7.2
0.1	10.9×11.0	7.7× 7.8	9.5× 9.7	8.6× 8.7	2.5× 2.3
0.2	10.9×10.9	8.0× 8.0	3.0× 3.0	8.5× 8.5	貫通せず
0.5	9.1× 9.0	9.3× 9.2	貫通せず	10.3×10.2	〃
1.0	8.0× 8.2	10.9×11.7	〃	10.0× 9.9	〃
2.0	9.2× 7.2	11.7×11.7	〃	7.5× 7.7	〃
10.0	8.5× 6.7	8.2×13.0	〃	5.6× 4.3	〃
50.0	4.6× 2.9	5.7× 5.5	〃	貫通せず	〃
100.0	5.2× 5.7	6.0× 6.2	〃	〃	〃

備考 鉛板と雷管距離が大きくなると穿孔は真円でなくなるので鉛板孔の測定は長軸と短軸と二カ所を測定した。

を表わすように思われるが、管体材質を変えた場合には、鉛板試験の曲線と衝撃振子の曲線とは全く異り、新聞紙貫通試験の曲線と類似しているの、破片効果をも表わすものと推定される。

福山氏等²³⁾は鉛板に孔があく理由を雷管底方向の衝撃波及び反射波によると述べたが、雷管破片の貫通作用や爆発熱による熔融作用によつても孔があくことが考えられるのでこの点について更に次の試験を行った。

(a) 管体材質の異なる雷管で雷管と鉛板との距離を変えた場合の鉛板試験

雷管の衝動量は雷管からの距離によつて急激に減衰し、雷管から 20cm の距離で殆んどゼロとなるが²⁴⁾、雷管破片の飛散速度は減衰が少なく、雷管から 1m 離れた点でも 10~20%しか減衰しない⁶⁾。従つて図3の如く、雷管と鉛板との距離 d を変えて鉛板試験を行えば、鉛板孔の貫通が破片作用によるのか、衝動作用によるのか、或は熱作用によるのかを知ることが出来る。

試験結果は表4及び写真1の如くである。即ち銅雷管なら底方向 1m の距離でも鉛板を貫通し得る能力があるが、管体の底面をなくした銅雷管は鉛板と雷管と

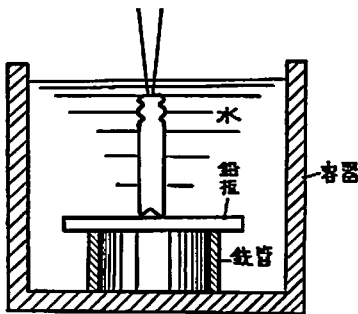


図 4 水中に於ける鉛板試験

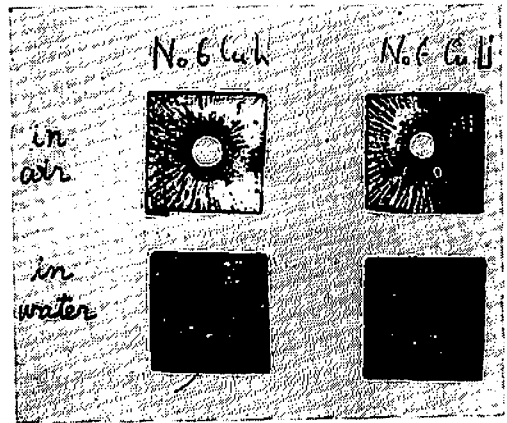


写真 2 空中と水中との鉛板孔の比較

の距離が 5 mm 離れると既に孔があかなくなる。又アルミ雷管は 50cm 以上離れると貫通しなくなり、P.V.C. 雷管は 2mm 離れると貫通しなくなっている。然るに衝撃振子による雷管底方向の衝動量は、図2によると、管体材質によつて差異はなく、又米国に於ても合成樹脂雷管と銅雷管とでは衝動量が変らないという試験結果が得られているので²⁵⁾、このことは鉛板の穿孔が雷管の衝動作用によるよりもむしろ破片の貫通作用によつて生じていることを意味している。又底なし銅雷管でも鉛板に接触した場合には最も大きな孔が生ずることは、破片作用がなくても熱作用だけで鉛板に孔が生ずることを示している。

(b) 水中に於ける鉛板試験

図4の如く水中で鉛板試験を実施した場合には、写真2に示す如く、底上銅雷管でも、平底銅雷管でも穿孔は貫通しない。水中では空気中に比べて衝動作用の減衰は少いが破片速度の減衰は大きく熱作用は殆んどなくなると思われるので、水中で鉛板に穿孔出来なくなると云う事実は衝動作用のみでは鉛板に穿孔を生じ

難いことを意味していると思われる。

(c) 考 察

従来鉛板試験は雷管方向の猛度を表わすと単純に考へられ、鉛板孔は底方向の衝動作用によつて貫通すると云われていたが、本研究により鉛板孔は主として雷管の破片作用や熱作用によつて貫通していることが判明した。一方、雷管の起爆力は第一に破片作用、次に熱作用によると思われるので⁹⁾、この点から鉛板試験は雷管の起爆力を合理的に表現していると思える。

然し乍ら鉛板孔径が雷管の起爆力に比例するかどうかは疑問である。何故ならば、鉛板の穿孔径は破片の貫通力のみでなく、管体の太さや破片の飛散方向によつて大きく影響されるからである。従つて鉛板孔径によつて雷管威力を比較することは、管体の材質、肉厚形状等がすべて同じ場合のみ意味を持つていと考えられる。

4.2 釘 試 験

釘試験は一般に雷管横方向の猛度を示すと云われているが、図1と図2とを比較すると、釘の曲り角度は雷管横方向の衝動量(衝撃振子の振れの角)と最も大きい相関関係がある。

然し乍ら雷管の直径は釘の直径よりも太いので、雷管横方向の衝動の一部は損失となる。従つて横方向の衝動量が同じ雷管でも細くて長い雷管の方が太くて短い雷管よりも釘試験では大きい値を示すので、釘試験は異つた直径を有する雷管については比較出来ない。又図1に於て添装薬の圧搾圧力を大きくした雷管は、鉛板試験、球試験等、雷管底方向の威力は大きくなるが、釘試験では装薬の装填密度増加による爆速の増加が薬高の減少で相殺され、横方向の威力は大きく表われない。

表 5 空気中砂中水中に於る釘試験(曲り角度)

	測定値(度)	(平均値)
空気中	27, 24, 25, 23.5, 25.5	(25.0)
砂中	28, 29, 31, 29.5, 29.5	(29.4)
水中	13, 12.5, 11.5	(12.3)
試料雷管諸元	管体: 銅(底上) 添装薬: テトリール 0.45g 起爆薬: 雷管爆粉 0.40g	
試験条件	針金: 0.45mmφ 銅線 釘の周囲の針金巻数: 5回	

図2の衝撃振子試験によれば、P.V.C 雷管の横方向の衝動量はアルミ雷管よりも大きく、銅雷管や鉄雷管に劣らないが、釘試験では最も小さな値を示す。このことは、釘を曲げるのは爆発ガスの衝動作用のみで

なく、管体破片の衝突、即ち管体破片の所有する運動量によることを示している。

このことを確認するために、空気中、砂中、水中に於ける釘試験の測定値を比較すると表5の如くであつた。即ちこれによれば釘の曲り角度は砂中>空中>水中である。砂中で曲り角度が大きいのは、雷管が砂中に密閉されると衝動量が大きくなるためであり、水中で小さいのは破片の飛散速度が小さくなるためと推定される。

結局、釘試験は雷管横方向の衝動作用と最も深い関係があるが、破片効果にも関係する。但しアルミ雷管による釘の曲り角度が小さいことを考えると、熱作用には余り関係ないと思われる。

4.3 砂 試 験

砂試験は米国では標準的な雷管威力試験法として広く採用されて居り、例えば、Atlas Powder Co. では、雷汞/KClO₃ (90/10)の混合物1gを填装したものをも6号雷管の基準として砂試験により雷管号数を決めると云われる。

図1によると砂試験の値は雷管威力因子の中で添装薬量を変えた場合に差異が表われるのみで、添装薬圧搾圧や管体の肉厚、直径、材質が変化しても添装薬量が同じである限り砂の破砕量は殆んど変わらない。即ちP.V.C 雷管は鉛板試験、ハイド試験、ヘス試験、何れの試験法でも金属管体に比べて威力は弱く表われるが、砂試験では金属管体と全く同じ威力を示す。このことは砂試験では破片作用を表現することが出来ないことを意味して居り、アルミ管体で威力が大きく表われないことは熱作用も表現していないことを意味している。従つて、砂試験のみで雷管の威力を判定することは危険である。

然し乍ら、管体の直径によつて威力が変わらず、装薬量によつて威力が変わるということは、底方向と横方向の総合された衝動作用を表現していると思ふことが出来るので、砂試験は管体の材質や肉厚が同じ場合には雷管威力の比較尺度とすることが出来ると思われる。

4.4 球 試 験

球試験の原理及び方法については別に詳述したが⁹⁾、要するに、球試験の特徴は、雷管底面に接触した金属球の初速と質量から雷管底方向の衝動量の絶対値を求めることが出来ることである。又球の飛行距離によつて雷管威力を相対的に比較することも出来る。

球試験によつて表わされる起爆作用は、その原理から考へても雷管底方向の衝動作用と推定されるが、図1に於ける球試験の曲線は、図2に於ける底方向の衝撃振子の曲線と類似しているのみで他の曲線とは傾向が異つて居り、雷管底方向の衝動作用とは関係がある

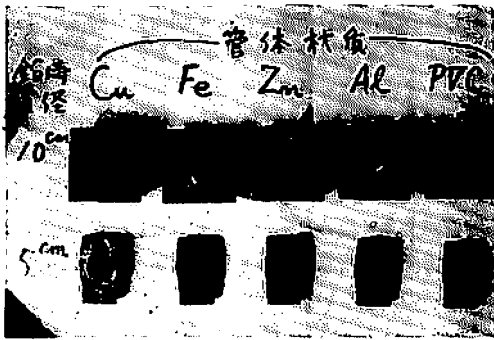


写真 3 鉛室直径、管体材質を変えた場合の鉛室試験

か破片作用や熱作用とは関係がないことを示している。従つて、球試験は管体の材質、形状が同じ場合に限りて底方向の雷管威力を比較することが出来る。

4.5 鉛室試験

この試験は小型トラウズル試験といわれる如く、爆薬の爆力測定に利用されるトラウズル試験を小型にしたものである。即ち鉛室の中央に雷管の挿入孔をあけ雷管爆発後の拡大容積を測定して雷管威力の比較尺度とする。鉛室の寸度については明確な規定はなく、山本氏の著書⁹⁾では直径高さ共 10cm となつているが、Davis¹⁰⁾氏の著書では直径約 6.5cm、高さ約 11cm となつている。筆者が実験に使用したものは直径高さ共 10cm のものであるが、管体材質を変えた場合のみは直径 5cm 高さ 9cm のものを併用した。雷管挿入孔の径は通常の雷管(管体外径 6.5mm)の場合 8mm であるが、管体外径が変つた場合にはそれに依つて変えた。又挿入孔の深さは常に 5.5cm とした。

先ず衝動作用であるが、管体内厚が厚くなると図 2 に於ける衝撃振子の値は大きくなるが図 1 に於ける鉛室拡大値は大きくなつていない。このことは衝動作用は鉛室拡大値には余り鋭敏に影響しないことを示しているようであるが、写真 3 の如く、鉛室直径を半分にすると、同じ雷管でも拡大値が約 2 倍になることは、鉛室が抵抗の弱い横方向にふくれ易いことを示して居り、これは衝動作用の影響が鉛室の抵抗が小さくなると急激に大きくなることを意味している。

鉛室拡大値と破片作用との関係は、図 1 の P.V.C 管体の場合が他の管体よりも拡大値が小さいことから両者は関係があることが分る。即ち運動量の大きい破片は鉛を熔融しつつ雷管底方向や側面方向に進行すると思われる。

次に雷管熱作用との関係について考えると、衝動作用や破片作用の小さいアルミ管体の場合に鉛室拡大値が最も大きくなつているので、両者は最も関係が深いと思われる。

即ち総合すると、鉛室試験は衝動作用を若干示し、破片作用にも関係があり、熱作用には最も大きい関係がある。従つて余りに多くの因子を表わすので相互に打消し合い結果の判定が困難となる。例えば破片作用が銅雷管よりも弱いアルミ雷管が爆発熱量が大きいため鉛室拡大値が最も大きく現われ、鉛室試験や釘試験とは逆の結果を示す。従つて鉛室試験は雷管の起爆力を必ずしも正確に表現しないと云うことが出来る。

トラウズル試験に於る鉛室拡大値は爆薬の静的仕事威力を表わすといわれているが、雷管の鉛室試験の場合には管体の影響などが現われて爆薬の場合とは異なる。Schmidt⁴⁾氏は爆薬のトラウズル鉛室試験に於て拡大値に影響を及ぼす要因を検討した結果、薬量を一定とした場合には装填密度を小さくし薬高を高くした方が拡大値が大きくなること、同じ薬量や装填密度の場合爆薬の形状は平たいものより細長いものの方が拡大値が大きくなること、等を述べた。これを雷管の場合に応用して考へると次の如くなる。

- ① 添装薬量を一定とした場合、装填密度の小さい方が(圧搾圧力の小さい方が)拡大値は大きい。
- ② 添装薬量、圧搾圧力が同じ場合には細くて長い雷管の方が太くて短い雷管よりも拡大値が大きい。

そして図 1 の試験結果は何れも上記事実、即ち Schmidt 氏の所論と一致している。然し乍ら添装薬圧搾圧力が高い場合に威力が小さくなることは、鉛室試験、球試験とは逆の結果であり、これは鉛室試験では雷管底方向よりも横方向の威力が大きく表われることを意味している。

4.6 ハイド試験

4.1~4.5項に於て述べた試験法は、雷管のみを試料として爆薬を試料としない所謂直接法であるが、本項以下は雷管と爆薬とを組み合わせたものを試料とする所謂間接法について述べる。

ハイド試験は最も代表的な鈍性爆薬試験であり、JISにも採用されているが⁷⁾、歴史的には Esop 試験、Wöhler 試験を改良したものである。ハイド試験の特徴は鈍化剤としてタルクを使用することであるが、タルクのすぐれている点は、TNT と容易に混合し、圧搾成型後型がくずれることがなく、鈍化の程度が急激でないので多量のタルクを加え得ること、又パラヒンと異り爆発時に於ける化学的作用が全然ないこと、などが挙げられている²⁰⁾。

ハイド試験は爆薬の中に雷管を直接挿入して試験するのであるから、雷管の衝動作用、破片作用、熱作用は何れも実用される場合と同様に爆薬の起爆に作用しているので、直接法の場合のように雷管の起爆作用との関係は検討する必要がないとも考へられる。然し後

述する吸湿硝爆によるヘス試験と比較して、同じ鈍性爆薬試験でも表現する起爆作用が異なる点もあるので一応検討することとする。

図1に於て管体材質を変えた場合に、PVC 雷管では起爆力が著しく小さく現われることを考えると、ハイド試験は破片作用と最も大きい相関関係がある。このことは雷管の起爆作用の中では破片作用が最も大きいので、鈍性爆薬を起爆出来るかどうかの限界点になると破片作用が最も効果的な作用となることを示していると思われる。

又ハイド試験では爆薬は雷管の横方向にも底方向にも存在するので何れの方向の起爆力も表現されると考えられるが、添装薬の圧搾圧力を増加して雷管薬高を低くした場合に測定値が大きくなること、及び直径5mmの雷管よりも6.2mm以上の雷管の方が孔径が大きくなることを考えると、ハイド試験では雷管横方向よりも底方向の威力が有効に表われていると思われる。

4.7 吸湿硝爆によるヘス試験

雷管は一般に工業爆薬を起爆させることを目的としているが、炭鉱その他の使用現場で爆薬が鈍化する場合には吸湿により鈍化することが多い。従つて工業爆薬の中でも最も鈍感な爆薬である硝安爆薬に水分を添加して鈍性爆薬とした方が、ハイド試験の如く TNT にタルクを混入した鈍性爆薬よりも、雷管起爆力の試験法に利用する場合にはより実用的である。日野氏等の提案²⁹⁾による吸湿硝爆ヘス試験はこの意味で特徴のある試験法だと思われる。

表6 各種試験法と起爆作用との関係

試験法の名称	表現される起爆作用			方向性	
	衝動作用	破片作用	熱作用	底方向	横方向
直接法	鉛板試験	△	○	○	×
	釘試験	○	△	×	○
	砂試験	○	×	×	○
	球試験	○	×	×	○
間接法	鉛燭試験	△	△	○	○
	吸湿硝爆によるヘス試験	○	○	○	△
	ハイド試験	○	○	○	○

備考 ○相関性が大きい、△：若干相関がある
×：相関性がない

吸湿硝爆によるヘス試験は爆薬の中に直接雷管を挿入して試験するので、雷管の衝動作用、破片作用、熱作用等は何れも吸湿硝爆の起爆に関与していると思われる。然し図1に於て管体材質を変えた場合に水分6%ではアルミ雷管が最も大きな圧潰値を示し、更に水分が多くなると銅管体が最大となる。このことは、ヘス試験はハイド試験に比べて雷管の熱作用がより大き

く表われるが、水分が多くなつて起爆不可能な限界に近づくとき、ハイド試験と同様やはり雷管の破片作用が最も大きく表われてくることを示している。

然し乍ら添装薬圧搾圧力を大きくしても、ハイド試験と異なり雷管威力の測定値は大きくなり、又薬径が細い雷管（薬高が高い雷管）は太くて短い雷管より圧潰値が大きくなること等を考えると、ヘス試験では雷管底方向よりもむしろ横方向の起爆力の方が大きく現われるのではないかと思われる。

V. 結 論

前項IVに於て、代表的な威力試験法について、それが表現する起爆作用を検討したが、その結果を一覧表にすれば表6の如くである。この表より次のことが云える。

- ①直接法(鉛板、釘、砂、球、鉛燭試験)は表現し得る起爆作用及び方向性が夫々特徴があり、一つの試験ですべての作用及び方向を表現出来る試験法は存在しない。
- ②雷管の起爆作用の中では破片作用が最も大きいので威力試験法としても破片作用と相関性の大きい試験法、例えば鉛板試験の如きものが合理的であるが、管体の材質、肉厚、形状等が同じ場合には衝動作用に比例して破片作用も変化するので、衝動作用のみを表わす球試験や砂試験によつても威力を比較することが出来る。
- ③間接法(ハイド試験、吸湿硝爆ヘス試験)は、雷管の起爆作用はすべて表現出来るが、ハイド試験は底方向との相関が大きく、ヘス試験は横方向との相関が大きい。

即ち結論として次の如く云うことが出来る。

管体の材質、形状、肉厚等が同じ場合には雷管の衝動作用は起爆力に比例すると考えることが出来るので、この条件下では球試験や砂試験も威力試験法として有意義であるが、合成樹脂雷管が実用化されようとしている現在では、衝動力を測定しただけでは不十分であり、誤つた判断をする恐れがある。例えば米国で標準的な試験法とされている砂試験は、破片作用の全く弱い合成樹脂雷管でも銅雷管と同じ測定値が得られるのはこの一例である。今後は管体材料として益々多種類のものが使用されると思われるので、今後の雷管威力試験法としては破片作用も含めて測定出来るものであることが望ましい。

筆者等はこの意味から鉛板試験と釘試験の新らしく見出された長所(破片作用や熱作用を表現すること)を高く評価したいと考える。即ち今後雷管の製造工場に於て採用する威力試験法は、直接法としては鉛板試験と釘試験を併用することが最も妥当と思われる。こ

れにより雷管の三つの起爆作用を表現することが出来ると共に、雷管底方向、横方向について別々に威力を知ることが出来る。

ハイド試験或はヘス試験の如き間接法は直接法に比べると操作は面倒であるが、起爆力の表現は確実であるから、直接法以外にこの両者の中何れか一つを採用して、起爆力の判定を一層確実にすることが望ましいと考える。

文 献

- 1) 山本祐徳：火薬学実験法，共立社
- 2) 日野熊雄：工火協，9，47 (1948)
- 3) 山本祐徳：工火協，12，152 (1951)
- 4) 桜井武尚：工火協，20，57 (1959)
- 5) 井田一夫：工火協，21，161 (1960)
- 6) 井田一夫：工火協，22，3，66，126 (1961)
- 7) JIS. K 4806 (1950)
- 8) U.S. Federal Spec. X-C-0051 (GSA-FSS) Revision (1955).
- 9) Dynamit A. G. Troisdorf 工務カタログ
- 10) T. L. Davis: "The chemistry of Powder and Explosives" p. 26 (1943), New York
- 11) A. Stettbacher: "Schiess und Sprengstoff" p. 354 (1933) Leipzig.
- 12) C. Hall & S. P. Howell: Investigation of detonator, Bulletin, 59 (1913) U.S. Bureau of mines.
- 13) A. Marshall: "Explosives," vol II, p. 530 (1917)
- 14) W. O. Snelling: Proc. Engrs' Soc. West Penn. 28, 673 (1912)
- 15) C. G. Strom & W. C. Cope: U. S. Bureau of Mines, Tech. paper, 125 (1916)
- 16) C. A. Taylor & C. E. Munroe: Bur. Mines. Rept. Investigation, 2558 (1923)
- 17) "Military Explosives" Technical manual T

- N 9—1910 (April. 1955)
- 18) 南坊平造：採鉱火薬学，p. 69 (1948) 産業図書出版社
 - 19) 長谷部富彦：雷管の強度測定 (1943)：日化厚研第60 (1948)
 - 20) 井田一夫：日化折火研，第59—54号 (1959)
 - 21) 坂本勝一：工火協，12，91 (1951)
 - 22) 福山仁，石川正治：工火協講演会 (1953年4月)
 - 23) ドイツ経済省保安局規定 (火協，3，143，148 (1942))
 - 24) 井田一夫：工火協，21，165 (1960)
 - 25) 井田一夫：工火協，21，283 (1960)
 - 26) H. Muraour: Chim et Ind. 47, 157 (1942)
 - 27) 日野熊雄，大谷政之：工火協，10，60 (1949)
 - 28) Hopkinson: Phil. Trans Roy Soc. A 213, 437 (1914)
 - 29) 植竹万太郎：東大工学部火薬学科卒業論文 (1936)
 - 30) U.S. Navy Ordnance Lab.: PB 120872 (1954)
 - 31) 岡崎一正，柳沢剛：工火協講演会 (1956年4月)
 - 32) 長田英世，西見幸生：工火協講演会 (1952年10月)
 - 33) K. Esop: Mitteil. Aritil. u Geniew. 30, 644 (1899)
 - 34) L. Wöhler: Z. S. S. 25, 146, 165; 21, 1, 35, 55, 97, 121 (1926), 火兵，20, 153~164 (1921)
 - 35) Dynamit A. G. Troisdorf 工務カタログ
 - 36) A. Haid & H. Können: Z. S. S. 25, 393, 433, 463 (1930), 火兵，25, 394 (1932)
 - 37) 日野熊雄，大谷政之：工火協，10，59 (1949)
 - 38) P. Tavenier, P. L. Roy, J. Boisson: Mém. Poudre, 40, 127 (1957)
 - 39) 山本祐徳：工業爆薬，p. 77 (1940) 国民工業学院
 - 40) 谷崎明：工火協，4，124 (1942)
 - 41) R. L. Grant & J. E. Tiffany: Ind. Eng. Chem, Anal Ed. 17, 13 (1945)
 - 42) J. S. Rinehart & W. C. Mc Clain: J. Appl. Phys. 31, 1809 (1960)
 - 43) A. Schmidt: Explosivstoffe, 7, 225 (1959); 8, 7 (1960)

Investigations on the Test of a Detonator (Part I)

by Kazuo Ida, Kenichiro Yamamoto, Takashi Isotani
and Takayoshi Kudo.

Many methods are proposed to test the strength of a detonator, but almost all of these are the methods for measuring the impulsive effect of a detonator.

The present authors, however, consider that the initiation force (strength) of a detonator results from the effects of fragments which is produced by the breakdown of a detonator shell, and the effect of heat, which is produced by the explosion of a detonator and is conducted to the explosives, as well as the impulsive effect.

In this standpoint, this paper investigates some of the typical method for testing the strength of a detonator,

i. e.—lead plate test, nail test, sand test, ball test, lead block test (small Trauzle test), Haid test and Hess test with wet ammonium nitrate explosives.

The result presents that the use of both methods—lead plate test and nail test—is reasonable for easy determination of the strength of a detonator, and it is desirable to use either of two methods—Haid test and Hess test.—for exact determination. As sand test doesn't indicate the effect of fragments or the effect of heat from a detonator, so it is undesirable to determine the strength of a detonator only by sand test.