

粉状及び圧搾爆薬の水中雷管起爆試験(7)

細谷文夫*, 和田有司**, 矢橋英郎**, 劉 榮海***

田中則章****, 田村昌三**, 吉田忠雄**

粉状爆薬と圧搾爆薬について水中小型ギャップ試験と異種雷管を用いた可変起爆剤試験の組合せを用いて、衝撃感度の比較を行った。

PETN, TNT, RDX及びピクリン酸(PA)の粉末及び成型品の雷管起爆試験の結果、いずれも圧搾成型品とすると衝撃感度が低下していることがわかる。PETN粉末は非常に鋭い不爆・完爆の境界を示す。また、完爆時の気泡エネルギーが他の爆薬に較べて大きい。

ヘキサニトロスチルベン(HNS)とその中間体ヘキサニトロビベンジル(HNBB)を水中小型ギャップ試験によって測定した結果、HNSはTNTより鋭感、HNBBはTNTとほぼ同等の感度を有することがわかった。

1. はじめに

爆発物の衝撃感度が、粉状、粒状、圧搾成型品、凝固成型品などの状態によって変化することは経験的に知られている。従来、衝撃感度は落錘感度試験によって最も多く調べられてきた。しかし、落錘感度試験では粉状のみについて試験できるが、その他の状態の物については試験できない。筆者らは先に水中小型ギャップ試験法について検討し、この方法でかなりの感度幅の粉状の爆発物の衝撃感度を測定し得ることを示した¹⁾。また、この方法と水中可変起爆剤試験²⁾を組み合わせることによって粉状工業爆薬の衝撃感度評価ができることを示した³⁾。

ここでは、水中小型ギャップ試験と異種雷管を用いた可変起爆剤試験の組合せ(以下この試験法を水中雷管起爆試験と呼ぶ。)を用いて、粉状爆薬と圧搾爆薬について衝撃感度の比較を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験

2.1 試料

昭和63年10月19日受理

*細谷火工株式会社 技術開発センター
〒197 東京都秋川市菅生大沢 1847
TEL 0425-59-2578

**東京大学工学部反応化学科
〒113 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL 03-812-2111

***南京華東工学院
中国南京市考陵街 200号

****住友化学工業株式会社プロセス研究所
〒792 愛媛県新居浜市惣開町 5-1
TEL 0897-37-2809

PETN, TNT, RDX, ピクリン酸(PA)粉末は国産工業製品をそのまま用いた。ヘキサニトロスチルベン(HNS)及びヘキサニトロビベンジル(HNBB)は筆者らの一人が合成したのりを用いた。圧搾爆薬は0.3gの粉末試料をエア・プレス(ENERPAC製RR-1010)を用いて、4.417kg/cm²の圧力で圧搾成型して作成した。圧搾爆薬は円柱型で直径7mm、高さ5mmである。雷管は日本化薬㈱の0,1,2及び3号雷管を用いた。小型ギャップ試験の試料集合体を別報¹⁾に示したものと同一である。弱雷管を用いた可変起爆剤試験ではFig.1に示す試料集合体を用いた。予備的な検討として煙火の星原料の一種について水中雷管起爆試験を行った。キラキラ星剤粉末で組成は硝酸カリウム45, 結合剤5, 三硫化アンチモン9, マグナリウム15, 硫黄18, 麻炭8である。

2.2 実験装置

細谷火工機技術開発センターに設置してある直径10m、深さ4.5mの水槽中で実験を行った。爆発点の深

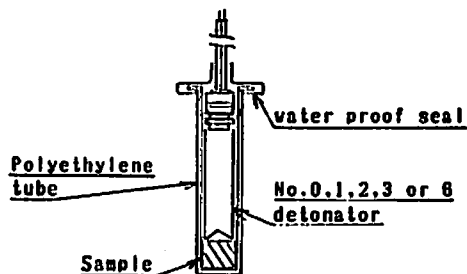


Fig. 1 Sample assembly of variable initiator test using weak detonator.

Table 1 Results of underwater small gap test with sample size of 0.3g.

Run No.	Sample	Detr No.	Gap (mm)	Tb (ms)	Eb (kJ)	Net-Eb (kJ)	Net-Eb/W (kJ/g)	P ₁ (kg/cm ²)	θ (μs)	E ₁ (kJ)
50	cap (only detr)	0	—	15.8	0.35	—	—	12.0	21	0.1
07	cap (only detr)	0	—	15.5	0.33	—	—	—	—	—
06	cap (only detr)	0	—	22.5	1.01	—	—	—	—	—
08	PETN pellet-1	0	0	21.8	0.92	0.58	1.93	—	—	—
09	PETN pellet-2	0	8	16.3	0.39	0.05	0.17	—	—	—
10	PETN pellet-3	0	2	20.7	0.78	0.44	1.47	—	—	—
11	PETN pellet-4	0	4	17.2	0.45	0.11	0.37	—	—	—
12	PETN pellet-5	0	6	16.2	0.37	0.03	0.10	—	—	—
18	PETN pellet-7	0	0	22.3	0.98	0.64	2.13	—	—	—
48	PETN pellet-8	0	10	16.2	0.38	0.04	0.13	11.8	21	0.1
13	TNT pellet-1	0	0	15.8	0.35	0.01	0.03	—	—	—
14	TNT pellet-2	3	0	25.6	1.48	0.47	1.57	—	—	—
15	TNT pellet-3	1	0	22.3	0.98	0.40	1.33	—	—	—
24	RDX pellet-1	0	0	21.9	0.93	0.59	1.97	—	—	—
26	RDX pellet-3	0	2	16.1	0.37	0.03	0.10	—	—	—
47	RDX pellet-4	0	4	15.8	0.35	0.01	0.03	10.6	12	0.0
19	PA pellet-1	0	0	17.0	0.43	0.09	0.03	—	—	—
20	PA pellet-2	0	0	17.0	0.44	0.10	0.33	—	—	—
21	PA pellet-3	1	0	22.7	1.04	0.46	1.53	—	—	—
22	PA pellet-4	2	0	18.7	0.58	—	—	—	—	—
23	PA pellet-5	3	0	26.0	1.56	0.55	1.83	—	—	—
44	PA pellet-6	1	0	22.8	1.05	0.47	1.57	—	—	—
46	PA pellet-7	2	0	24.6	1.32	0.57	1.90	31.7	15	0.62
49	PA pellet-8	0	4	15.7	0.34	0.00	0.00	—	—	—
27	RDX powder	0	2	20.7	0.78	0.44	1.47	—	—	—
28	RDX powder	0	4	19.2	0.63	0.29	0.97	—	—	—
29	RDX powder	0	6	18.6	0.57	0.23	0.77	—	—	—
30	RDX powder	0	8	18.8	0.59	0.25	0.83	—	—	—
31	RDX powder	0	10	17.3	0.46	0.12	0.40	—	—	—
34	RDX powder	0	12	16.3	0.39	0.05	0.17	—	—	—
45	RDX powder	0	14	15.4	0.32	-0.02	-0.07	11.6	14	0.09
32	PA powder	0	0	21.7	0.91	0.57	1.90	—	—	—
33	PA powder	0	6	20.4	0.76	0.42	1.40	—	—	—
36	PA powder	0	8	15.8	0.35	0.01	0.03	—	—	—
35	PA powder	0	10	15.7	0.34	0.00	0.00	—	—	—
40	HNS powder	0	0	21.6	0.90	0.56	1.87	—	—	—
43	HNS powder	0	2	21.8	0.92	0.58	1.93	—	—	—
42	HNS powder	0	4	16.1	0.37	0.03	0.10	11.1	23	0.09
38	HNS powder	0	6	15.8	0.35	0.01	0.03	10.1	34	0.09
39	HNBB powder	0	2	21.1	0.84	0.50	1.67	—	—	—
41	HNBB powder	0	4	20.4	0.75	0.41	1.37	12.6	25	0.20
37	HNBB powder	0	6	15.8	0.35	0.01	0.03	—	—	—
51	twinkle star	3	—	27.0	1.74	0.73	1.46	27.6	15	0.49

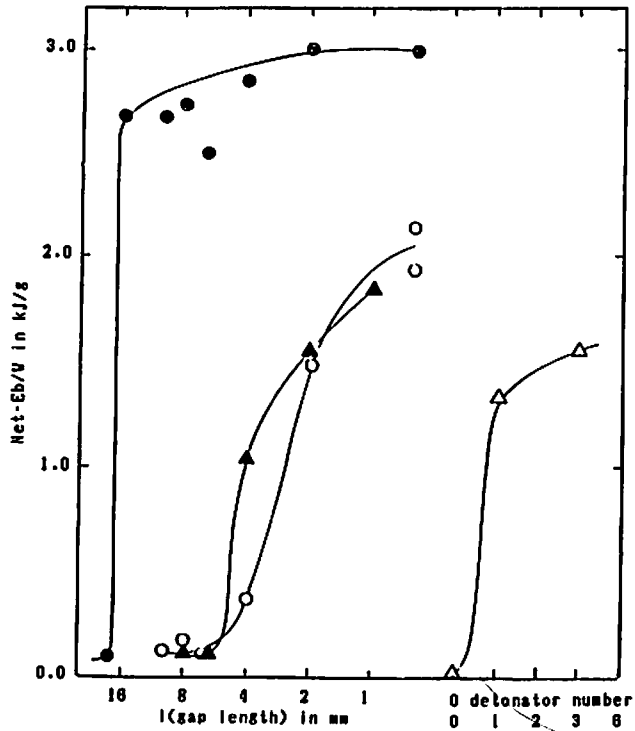


Fig. 2 Plot of net-Eb/W versus log l and detonator number for the underwater detonator initiation test.
 ●: PETN powder¹⁾; △: PETN pellet
 ▲: TNT powder²⁾; ○: TNT pellet

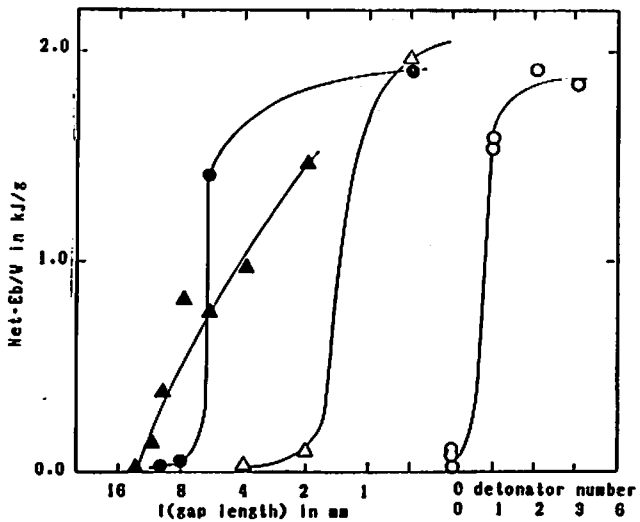


Fig. 3 Plot of net-Eb/W versus log l and detonator number for the underwater detonation initiation test.
 ▲: RDX powder; △: RDX pellet
 ●: Pa powder; ○: PA pellet

さは 1 m, センサーと爆発点の距離は 1 m であった。

実験手順及び計測法は別報¹⁾に述べたものと同じである。

2.3 実験手順及び計測法

3. 結果と考察

3.1 実験結果

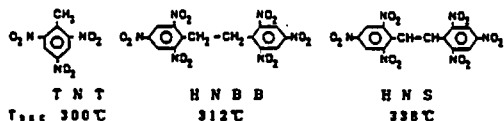
実験結果をTable 1に示す。

3.2 粉状爆薬と圧搾爆薬の衝撃感度

PETN及びTNTの粉末及び成型品の雷管起爆試験の結果をFig.2に、RDX及びピクリン酸(PA)のそれをFig.3に示した。いずれも、圧搾成型品とすると衝撃感度が低下していることがわかる。どの起爆力で伝爆するかどうかはこの実験だけでは不明である。PETN粉末は非常に鋭い不爆・完爆の境界を示す。また、完爆時の気泡エネルギーが他の爆薬に比べて大きい。本実験ではRDXの粉末がかなりの幅の衝撃力に対して半爆状態を示した。1gの試料量を用いた小型ギャップ試験⁹⁾ではそのような傾向は見られなかった。これは将来の検討課題である。

3.3 HNS及びHNBB粉末の衝撃感度

HNSは耐熱爆薬の1つである⁹⁾。HNSの中間体にHNBBがある。筆者らの1人はこれらの化合物を合成したのでその感度を水中小型ギャップ試験によって測定した。その結果をFig.4に示す。Fig.2との比較からHNSはTNTより鈍感、HNBBはTNTとほぼ同等の感度を有することがわかる。TNTとHNBBは化合構造が非常に近く、DSC分解開始温度も近いので同等の感度を持つことが理解できる。HNSはDSC分解開始温度がTNTに比べて約40℃高い。これがHNSがTNTより鈍感であることの一つの理由と思われる。



HNSの落髄感度は、Rogers⁹⁾及び細谷⁴⁾によって測定されている。HNBBの落髄感度は、NSWC¹⁰⁾及び細谷⁴⁾によって測定されている。HNSのカードギ

ャップ感度は、Ayers等⁹⁾によって測定されている。これらに関連爆薬のデータと共にTable 2に示した。細谷のデータは、HNSやHNBBがRogersやNSWCのデータに比べて敏感にでているのが、これは爆・不爆の判定法の違いによるものであろう。

Rogers及びNSWCのデータを水中雷管起爆試験データに対してプロットしたのがFig.5である。HNSを除いてはこれらの測定値の間に良好な相関のあることがわかる。HNSのデータが他の相関からずれていることについて一つの理由は、物理的状態の違いが考えられるが、その確認は将来の検討課題である。

3.4 弾動白砲を用いた小型ギャップ試験と

水中爆発を用いた小型ギャップ試験の比較

弾動白砲及び水中爆発を用いた小型ギャップ試験の限界起爆ギャップ長は異なる。弾動白砲を用いた時のギャップ長の対数を水中爆発を用いたそれに対してP

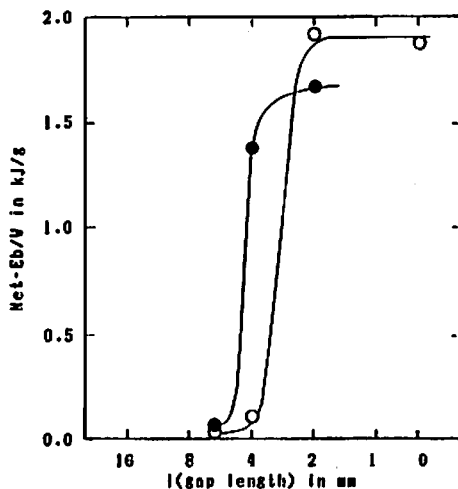


Fig. 4 Plot of net-Eb/W versus log 1 for the small gap initiation test.

○: HNS powder; ●: HNBB powder

Table 2 Sensitivity Data of HNS,HNBB and other relevant explosives.

Compound	a log I _c (UDIT)	b log I _c (US gap)	c log H ₅₀ ·W	d log H ₁₆ ·W
HNS	0.6	0.88(I) 0.98(II)	0.13	-0.85
HNBB	0.78	—	0.45*	-0.49
PETN	1.20	1.13	-0.44	—
RDX	1.07	1.05	-0.15	—
PA	0.90	—	0.26	—
TNT	0.78	0.90	0.57	—

*This work ⁹ref.9 ⁴ref.9 ⁴ref.4 ⁴ref.10

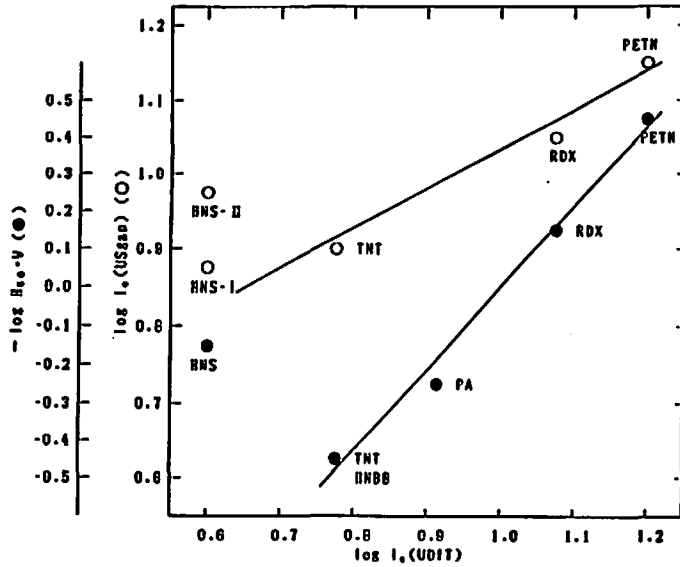


Fig. 5 Plots of $\log H_{50} \cdot W$ and $\log I_c(\text{USgap})$ versus $\log I_c(\text{UDIT})$.

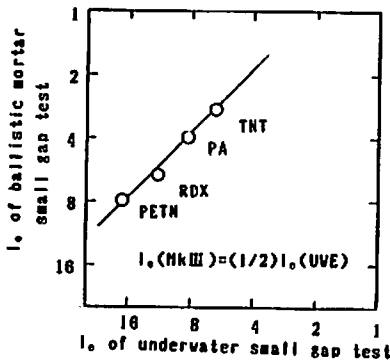


Fig. 6 Plot of critical gap length I_c of small gap test using Mk III ballistic mortar against test using underwater explosion (UWE).

ロットしたのがFig.6である。水中爆発を用いた場合の限界爆発長は弾動臼砲を用いた場合の限界ギャップ長のほぼ2倍である。この差異は水中爆発では内径6.5mmのポリエチレン管と同じ径のポリエチレン板ギャップを用いているのに対して、Mk III弾動臼砲を用いるそれでは内径12mmのガラス管と同じ径のポリエチレン板ギャップを用いている。後者では大きいポリエチレン板を用いているためにエネルギーの損失が大きいため限界ギャップ長が小さくなったのであろう。

3.5 星剤の爆発エネルギー

筆者らは先に星剤¹⁾及び星星のもの²⁾の衝撃感度試験を落球試験及び雷管起爆試験によって行った。前者では煙の発生の有無で爆・不爆を判定し、後者では発火の有無または残さの燃焼性の有無で爆・不爆を判定

した。特に前者の場合、このような判定が危険性の判断に有用であるかどうか疑問が残った。そのために、水中での雷管起爆試験の適用が考えられたが、水中で発火した時に十分な気泡エネルギーを発生するかどうか疑念が持たれていた。しかし、この条件で発火するとわかっている3号雷管を用いてキラキラ星剤0.5gを水中で起爆すると1.46kJ/gの気泡エネルギーが発生し、水中雷管起爆試験が可能になったことがわかった。

謝 辞

本研究の一部は工業火薬技術奨励金の助成によった。助成に対して謝意を表する。

文 献

- 1) 和田有司, 松永匡裕, 劉 栄海, 金子良昭, 田村昌三, 細谷文夫, 吉田忠雄, 「水中爆発を用いた爆発性の評価(VI)水中小型ギャップ試験」, 工業火薬投稿中
- 2) 金子良昭, 木村 歩, 吉田信生, 田村昌三, 吉田忠雄, 「水中爆発を用いた爆発性の評価(I)可変起爆剤試験による衝撃感度評価」, 工業火薬投稿中
- 3) 劉 栄海, 細谷文夫, 金子良昭, 為額俊文, 和田有司, 松永匡裕, 田村昌三, 吉田忠雄, 「水中爆発を用いた爆発性の評価(V)水中爆発を用いた工業爆薬の性能評価」, 工業火薬, 50, 540(1989)
- 4) 細谷文夫, 「ヘキサニトロロステルペンの合成とその物質に関する研究」, 日本大学大学院理工学研究科修士論文(1987)
- 5) 松永匡裕, 村永浩太郎, 伊藤 葵, 田村昌三, 蔵持 勇, 吉田忠雄, 「Mk III弾動臼砲の性能と応

- 用 (XI) 弾動臼砲を用いた小型ギャップ衝撃感度試験法」工業火薬, 46, 327(1985)
- 6) T.Urbanski, "Chemistry and Technology of Explosives, Vol.4", Pergamon Press, p.212(1985)
- 7) 和田有司, 矢橋英朗, 細谷文夫, 吉沢二千六, 田村昌三, 吉田忠雄, 「煙火の星及び星組成物の安全に関する研究 (I) モデル星組成物の打撃感度, 着火性, 摩擦感度及び安全性」, 工業火薬, 50, 478(1989)
- 8) 矢橋英朗, 細谷文夫, 和田有司, 劉 榮海, 田村昌三, 吉田忠雄, 「煙火の星及び星組成物の安全に関する研究 (II) モデル星及び星剤の雷管起爆試験及び小ガス炎着火性試験」工業火薬, 50, 493 (1989)
- 9) B.M.Dobratz, "LLNL Explosives Handbook", UCRL-52997 (1981)
- 10) M.J.Kamlet and H.G.Adolph. "The Relationship of Impact Sensitivity with Structure of Organic High Explosives II. Polynitro Aromatic Explosives", Propellants and Explosives. 40, 30 (1979)

The Underwater Detonator Initiation Test of Powdered and Pressed Explosives.

by Fumio HOSOYA*, Yuji WADA**, Hideo YABASHI**

Rong-Hai Liu***, Noriaki TANAKA****, Masamitsu TAMURA**

Tadao YOSHIDA**

Previous experiments have shown that the sensitivity of an explosive depends upon its granular condition. It is widely held that only a powdered sample is effective in the drop hammer test. For that reason powdered and pressed shape explosives were studied with a small gap card test and a variable detonation test using different detonation caps.

The samples, PETN, TNT, RDX and Picric acid (PA) in a powdered or pressed shape, were measured by the detonation cap method and there is an indication that the pressed samples have a lower sensitivity than the powdered samples.

The powdered PETN shows clearly whether it will explode or not. Further, when it explodes, it gives off a larger amount of bubble energy than the other explosives mentioned above.

When hexanitrostilbene (HNS), its intermediate Hexanitrobibenzyl (HNBB), and TNT are measured by the small card gap test, HNS is found to be less sensitive than TNT. Further HNBB is found to be as sensitive as TNT. The reason TNT and HNBB are very nearly equal in sensitivity is because they have similar chemical structures and similar extrapolated decomposition onset temperatures the latter as measured by DSC. On the other hand, the extrapolated decomposition onset temperature of HNS is higher than that of TNT. This might be one of the reasons that HNS is less sensitive than TNT.

(*Technology Development Center, Hosoya Kako Co., Ltd. : 1847 Ohsawa, Sugao, Akigawashi, Tokyo 197, Japan

**Department of Reaction Chemistry, Faculty of Engineering, Tokyo University : Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

***Chemical Engineering Department, East China Institute of Technology : 200 Xiao Ling Wei, Nanjing, China

****Process Technology Laboratory, Sumitomo Chemical Co., Ltd. : 5-1 Soubirakichou, Niihamashi, Ehimeken 792, Japan)