

## 爆轟性化合物と酸化剤との混合物の衝撃着火性試験

鹿住 孝<sup>\*</sup>, 鈴木良博<sup>\*</sup>, 岡田 武<sup>\*</sup>, 原 一男<sup>\*\*</sup>  
青木憲治<sup>\*\*</sup>, 吉田忠雄<sup>\*\*</sup>

ニトログアニジン (NQ)純品, ジニトロソペンタメチレンテトラミン (DPT)純品及び爆轟性化合物と酸化剤との混合物について衝撃着火性試験を行った。爆・不爆の判定は以前に火工物質や爆轟性物質に対しての類似試験で示されたように容易であった。RDXやHMXのような爆轟性化合物の衝撃感度の変化は混合される酸化剤に依存し, ある種の混合物では酸化剤と混合してももとの化合物と感度の違いがなかった。他方, RDXやHMXより純感なNQやDPTは, KClO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub>, KClO<sub>3</sub>及びNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>のような酸化剤と混合すると感度が増大した。

爆轟性化合物の爆発の激しさは酸化剤と混合すると減少し, ある種の混合物は弱い衝撃では爆轟せずに爆燃した。BAM摩擦感度試験データを衝撃着火性試験データに対してプロットすると僅かな例外を除いてある程度の相関が得られた。

### 1. はじめに

衝撃着火性試験は中程度の感度を有する火工物質の衝撃感度の測定に適した方法である<sup>1)</sup>。ここで中程度の感度とは黒色火薬の感度と現用コンボジットロケット推進薬の感度の中間の感度を考えている。衝撃着火性試験は酸化剤-可燃物混合物に適用した場合に, 試料が着火燃焼したときはその燃える速さからその混合物の燃焼の速さの推定にも使うことができる。一方, 衝撃着火性試験で発火した場合に爆轟する物質は試験用鋼管を破片化したり, 花びら状に開裂させたりする。このような現象から物質が衝撃によって発火した時に爆轟する可能性があるかどうかについてもある程度の判断を下すことができる。この方法をRDX, PETNなどのような化合爆薬に適用すると, TNTを除く化合爆薬は全て衝撃着火性試験で爆轟した<sup>2)</sup>。一方, この方法を酸化剤-可燃物 (Al, Mg, Zr, S, 木粉等) 混合物に適用すると爆轟せず爆燃又は緩やかな燃焼をした<sup>1)</sup>。

RDX, HMX, DPT, NQなどの爆轟性化合物と酸化剤の完全燃焼混合物は, 燃焼によってN<sub>2</sub>を多量に含むN<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>Oガスを発生するので, 実用的なガス発生剤となる可能性がある。RDX等の爆轟性化合物を酸化剤と混合してガス発生剤として用いる時に衝撃感度はできるだけ低いことが望ましく, 又できれば爆轟性がないことが望ましい。これらの事を考慮して, 爆轟性化合物と酸化剤との完全燃焼混合物の衝撃着火性試験を行った。又, ガス発生剤の燃焼促進触媒として有効な酸化銅及び可溶性でんぷんを添加した混合物についても実験を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

爆轟性物質及び酸化剤としては表1に記したものをを用いた。

酸化剤と爆轟性化合物との混合比は反応生成物が完全燃焼生成物となるような化学量論比とした。

#### 2.2 実験装置

##### 2.2.1 衝撃着火性試験装置

試料体を図1に示す。機械構造用炭素鋼管25A (JIS-G-3445, STKM) を所定の長さに切り, 底を溶接したもので, 内径30.4mm, 外径34mmで高さ50mmである。この試料容器は(株)蔵持科学器械製作所に依頼して制作した。上部はネジが切っており, ネジ蓋が取り

1992年11月19日受理

<sup>\*</sup>日本工機(株)白河製造所  
〒961 福島県西白河郡西郷村長坂土生 2-1  
TEL

<sup>\*\*</sup>法政大学工学部機械工学科  
〒184 東京都小金井市梶野町 3-7-2  
TEL

Table 1 Materials used in the shock ignitability test

Materials	Supplier	Average particle size
R D X : Cyclotrimethylene trinitroamine	Nippon Koki Co.Ltd.	105 $\mu$ m
H M X : Cyclotetramethylene tetranitramine	Nippon Koki Co.Ltd.	297 $\mu$ m
N Q : Nitroguanidine	Wako Pure Chemical Industries, Ltd	40 $\mu$ m
D P T : Dinitrosopentamethylene tetramine	Otsuka Chemical Co.Ltd.	40 $\mu$ m
K C l O <sub>4</sub> : Potassium perchlorate	Japan Carlit Co.Ltd.	36 $\mu$ m
K N O <sub>3</sub> : Potassium nitrate	Otsuka Chemical Co.Ltd.	49 $\mu$ m
N H <sub>4</sub> C l O <sub>4</sub> : Ammonium perchlorate	Japan Carlit Co.Ltd.	44 $\mu$ m
N H <sub>4</sub> N O <sub>3</sub> : Ammonium nitrate	Kanto Chemical Co.Ltd.	Not available

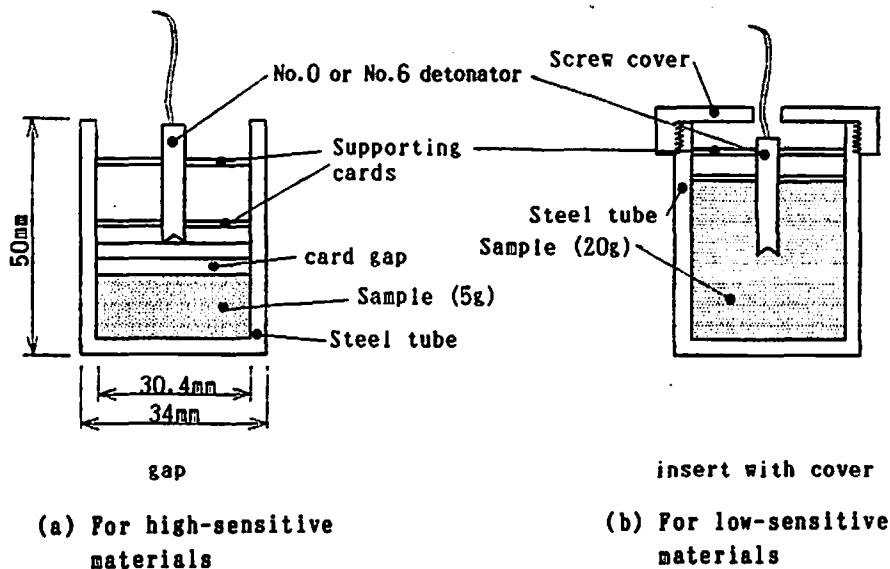


Fig. 1 Sample assemblies for the shock ignitability test

付けられるようになっている。ネジ蓋の中央には直径7mmの円形の孔が開いている。

ギャップ試験は試料量5gで実験を行い、挿入で試験を行う場合は試料量20g(20gでは入りきらない場合は適宜減量する)で実験を行う。比較的高感度の試

料の場合は5gの試料とギャップ材を用いたギャップ試験が用いられ、比較的低感度の試料の場合は、20g又は15gあるいはそれ以下の試料を用いた蓋なし又は蓋付きの挿入試験を行った。

雷管は0号雷管を使用した。特に鈍感な物質の場合

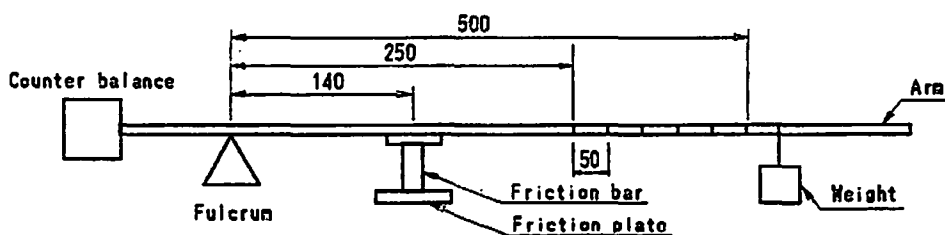
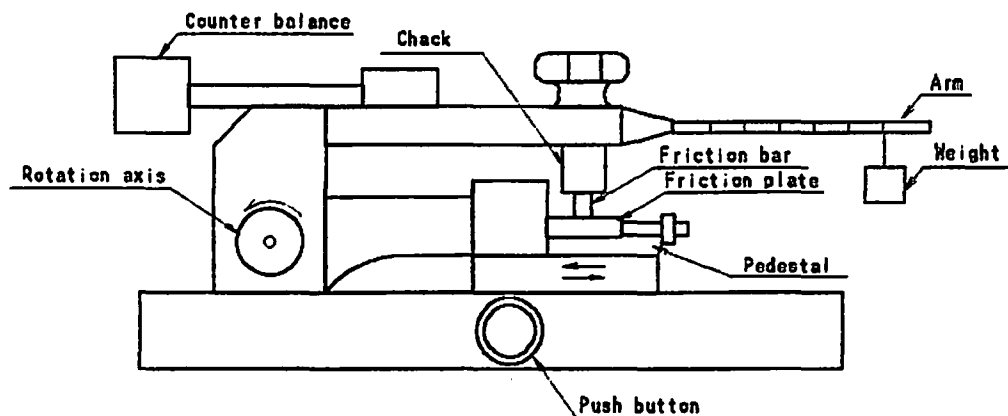


Fig. 2 Friction test machine

は6号雷管を使用した。雷管は鋼管内で直径29mm、厚さ1mmの二枚のポリエチレンカードで支持した。ギャップ材としては直径29mm、厚さ1mm、2mm、4mm又は8mmのポリエチレン板を用いた。

### 2.2.2 摩擦感度試験装置

図2に示すBAM式と同一型式の(株)蔵持科学器械製作所製の摩擦感度試験機を用いた。おもりと荷重の関係は工業火薬協会規格ES-22の表1に適合する。摩擦板をのせた台座は、最高約7cm/sの速度で1cmの往復運動をするものである。摩擦板及び摩擦棒はともに磁器製で、硬さ及び表面積粗さは前出 ES-22の規定に準ずる。

### 2.3 実験手順

#### 2.3.1 衝撃着火性試験の手順

- (1) 底付き鋼管に5g(ギャップ試験)又は20g(挿入試験)の試料を入れる。
- (2) ポリエチレン(PE)カードを試料の上に置く。挿入実験の場合はPEカードは試料の上に置かない。
- (3) 二枚のポリエチレン支持円板をつけた雷管をPEカードの上にセットする。あるいは、雷管を試料中に挿入する。
- (4) 試料体の上部を粘着フィルムで固定する。
- (5) 雷管を起爆し、試料の爆・不爆又は着火・不着

火を観察する。

- (6) 爆(着火)の時はカードギャップを二倍にし、不爆(不着火)の時は半分にする。不爆(不着火)後、次のギャップ長で爆(着火)となった場合、それらのギャップ長の中間のギャップ長を選択する。爆発(着火)限界ギャップ長(1c)は、爆発(着火)が起こる最大のギャップ長を示す。不爆(不着火)限界ギャップ長(1c')は、(爆発)着火しなかった最小のギャップ長を示す。1c' ≤ 6mmのときには1c' - 1c = 1mm、1c' > 6mmのときはlog(1c' / 1c) = 0.1となったら実験を止める。

#### 2.3.2 摩擦感度試験の手順

- (1) 試験に使用する摩擦棒と摩擦板は、十分に乾燥し、清潔なものを使用する。
- (2) 腕木を取り付け、カウンターバランスと平衡になるように調節する。
- (3) 回転軸を反時計方向に回しクランクとクランクスイッチの接触を外す。
- (4) 摩擦板は、表面の縞目が台座の移動方向と直角になるように置いて固定する。
- (5) 摩擦棒を挿入し、チャックハンドルで締め固定する。
- (6) 摩擦板と摩擦棒の間に試料約0.01mlをはさむ。

- (7) おもり及びおもりの位置によって荷重を定めて行う。
- (8) 試料に荷重をかけた状態で、摩擦板を往復運動させて、爆発の成否を調べる。
- (9) 摩擦板は場所をずらして3回、摩擦棒は両端各1回使用する。
- (10) 同一荷重で連続6回行い、1回だけ爆発するか、又1回だけ爆発すると推定される荷重の範囲を求め1/6爆点とする。

## 2.4 結果の判定

### 2.4.1 衝撃着火性試験の判定

鋼管が破片となったり、鋼管の下部が花びら状に開いたものは爆轟と判定した。鋼管が1個所だけ裂けたもの、鋼管の下部が膨らんだもの及び鋼管の下部と底板の間に亀裂の入ったものは爆燃と判定した。以上の場合は全て残留未反応物は認められなかった。

鋼管に変化がなく、残留未反応物も認められず、鋼管が熱せられていた場合は爆燃と判定した。鋼管に変

化が見られず、しかも未反応物が残っていた場合は不爆（不着火）とした。今回の実験は破片の飛散の恐れがあるので覆土式爆発試験室内で行い、目視観察をしなかったため爆燃と緩やかな燃焼の区別はできなかった。

### 2.4.2 摩擦感度試験の結果の判定

摩擦板の往復運動により、爆音もしくは炎、煙が確認された場合は爆と判定した。又、爆音・炎・煙が確認されず、試料に変化がない場合、不爆とした。今実験においては、爆の場合、音を発するものが多かった。

## 3. 結果と考察

### 3.1 結果

爆轟性化合物-酸化剤混合物の衝撃着火性試験の結果を表2に示す。そのまとめを表3に示す。又、起爆後の鋼管の破壊状態をNQ及びNQ-酸化剤混合物を例として写真に示す。爆・不爆及び着火・不着火の判定は爆燃性物質<sup>1)</sup>や化合爆薬<sup>2)</sup>の場合と同様に確実に容易に行うことができた。

Table 2 Results of the shock ignitability test for NQ, DPT and mixtures of oxidizer-detonatable compound by initiation with a no. 0 detonator

No.	Det. Comp.	Oxid.	Cat.	Composi- tion [Wt%]	Sample mass (g)	Gap (mm)	Result	Note
1	NQ	-	-	100	5	1	×	
2	NQ	-	-	100	7	Insert With Cap	×	
3	NQ	-	-	100	10	Insert With Cap	○	Detonation With a No. 6 Detonator
4	DPT	KClO <sub>4</sub>		29/71	5	1	○	Detonation
5	DPT	KClO <sub>4</sub>		29/71	5	4	×	
6	DPT	KClO <sub>4</sub>		29/71	5	2	○	Detonation
7	DPT	KClO <sub>4</sub>		29/71	5	3	○	Deflagration
8	DPT	KClO <sub>4</sub>	CuO	29/71/10	5	4	○	Deflagration
9	DPT	KClO <sub>4</sub>	CuO	29/71/10	5	8	×	
10	DPT	KClO <sub>4</sub>	CuO	29/71/10	5	6	×	
11	DPT	KClO <sub>4</sub>	CuO	29/71/10	5	5	×	
12	RDX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	4	○	Detonation
13	RDX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	8	×	
14	RDX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	6	×	
15	RDX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	5	×	
16	RDX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	4	×	
17	RDX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	4	×	
18	RDX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	3	○	Detonation
19	NQ	KClO <sub>4</sub>		60/40	5	1	○	Detonation
20	NQ	KClO <sub>4</sub>		60/40	5	2	○	Detonation
21	NQ	KClO <sub>4</sub>		60/40	5	3	×	
22	NQ	KClO <sub>4</sub>		60/40	5	4	×	

23	NQ	KClO <sub>4</sub>	CuO	60/40/10	5	1	○	Deflagration
24	NQ	KClO <sub>4</sub>	CuO	60/40/10	5	2	×	
25	NQ	KClO <sub>4</sub>	CuO	60/40/10	15	Insert With Cap	○	Detonation
26	HMX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	4	○	Deflagration
27	HMX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	6	×	
28	HMX	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	5	×	
29	HMX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	8	×	
30	HMX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	6	×	
31	HMX	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	5	○	Deflagration
32	RDX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	4	×	
33	RDX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	2	○	Deflagration
34	RDX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	3	○	Detonation
35	HMX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	4	○	Detonation
36	HMX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	6	○	Detonation
37	HMX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	8	○	Deflagration
38	HMX	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	10	×	
39	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	1	○	Detonation
40	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	2	○	Detonation
41	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	4	○	Detonation
42	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	8	×	
43	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	6	×	
44	NQ	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	5	×	
45	DPT	KNO <sub>3</sub>		26/74	5	1	×	
46	DPT	KNO <sub>3</sub>		26/74	20	Insert Without Cap	○	Detonation
47	RDX	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	4	×	
48	RDX	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	2	○	Detonation
49	RDX	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	3	×	
50	HMX	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	3	×	
51	HMX	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	2	○	Detonation
52	NQ	KNO <sub>3</sub>		46/54	5	1	×	
53	NQ	KNO <sub>3</sub>		46/54	10	Insert With Cap	○	Deflagration
54	RDX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	4	×	
55	RDX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	2	○	Detonation
56	RDX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	3	×	
57	HMX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	4	×	
58	HMX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	2	○	Detonation
59	HMX	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	3	×	
60	NQ	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		39/61	5	1	○	Detonation
61	NQ	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		39/61	15	Insert With Cap	○	Detonation
62	NQ	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		61/39	5	1	×	
63	NQ	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		61/39	10	Insert With Cap	○	Detonation
64	NQ	KClO <sub>4</sub>	Starch	60/40/0.6	5	1	○	Deflagration
65	NQ	KClO <sub>4</sub>	Starch	60/40/0.6	5	4	×	
66	NQ	KClO <sub>4</sub>	Starch	60/40/0.6	5	3	×	
67	NQ	KClO <sub>4</sub>	Starch	60/40/0.6	5	2	○	Detonation

68	D P T	100	15	Insert Without Cap	×
69	D P T .	100	15	Insert With Cap	×

Table 3 Critical gaps for detonatable compound—oxidizer mixtures using the shock ignitability test by initiation with a no. O detonator

No.	Det. Comp.	Oxid.	Cat.	Composi- tion	Sample mass (g)	Critical Gap (mm)		Critical Explosion
						lc	lc'	
1	D P T			100	15	Insert With Cap		
2	N Q			100	10	Insert With Cap		Detonation
3	N Q	KNO <sub>3</sub>		46/54	10	Insert With Cap	Insert With Cap	Deflagration
4	N Q	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		39/61	5 15	Insert With Cap	1	Detonation
5	N Q	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		61/39	5 10	Insert With Cap	1	Detonation
6	D P T	KNO <sub>3</sub>		26/74	5 20	Insert Without Cap	1	Detonation
7	T N T			100	5	0	1	
8	N Q	KClO <sub>4</sub>	CuO	60/40/10	5	1	2	Deflagration
9	N Q	KClO <sub>4</sub>	Starch	60/40/0.6	5	2	3	Deflagration
10	N Q	KClO <sub>4</sub>		60/40	5	2	3	Detonation
11	R D X	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	2	3	Detonation
12	H M X	KNO <sub>3</sub>		65/35	5	2	3	Detonation
13	R D X	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	2	3	Detonation
14	H M X	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		48/52	5	2	3	Detonation
15	Picric acid			100	5	2	3	Detonation
16	D P T	KClO <sub>4</sub>		29/71	5	3	4	Deflagration
17	R D X	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	3	4	Detonation
18	R D X	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	3	4	Detonation*
19	Tetryl			100	5	4	5	Detonation
20	N Q	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	4	5	Detonation
21	D P T	KClO <sub>4</sub>	CuO	29/71/10	5	4	5	Deflagration
22	R D X			100	5	4	5	Detonation
23	R D X	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	4	5	Detonation
24	H M X			100	5	4	5	Detonation
25	H M X	KClO <sub>4</sub>		68/32	5	4	5	Deflagration
26	H M X	KClO <sub>4</sub>	CuO	68/32/10	5	5	6	Deflagration
27	PETN			100	5	5	6	Detonation
28	H M X	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub>		61/39	5	8	10	Deflagration



Photo Results of shock ignitability test with NQ and NQ-oxidizer mixtures

### 3.2 爆轟性化合物に酸化剤を混合したときの衝撃感度の変化

爆轟性化合物に化学量論比の酸化剤を混合したときの衝撃感度は組み合わせによって変化しなかったり、鋭感になったり、鈍感になったりした(表3)。すなわち、RDX及びHMXに $\text{KClO}_4$ を混合しても衝撃感度は見かけ上変化がなかった。一方、RDXに $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ を混合すると感度は下がったが、HMXに $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ を混ぜると感度は高くなった。RDX及びHMXは $\text{KNO}_3$ 又は $\text{NH}_4\text{NO}_3$ と混合すると感度が低くなった。

DPTは、 $\text{KNO}_3$ 又は $\text{KClO}_4$ を混ぜると感度が高くなった。DPTは酸性物質と混合すると不安定になり危険なので $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 及び $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ との混合物の実験は行わなかった。

NQは単独のものが一番鈍感で、今回用いた全ての酸化剤( $\text{KClO}_4$ 、 $\text{KNO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ 及び $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )との混合物はNQ単独より衝撃に対して敏感となった。硝酸塩より過塩素酸塩の方がNQを鋭感化する程度が大きい。同じ過塩素酸塩でもアンモニウム塩の方がカリウム塩よりNQを鋭感化する程度が大きかった。

$\text{KClO}_4$ に対するCuOの添加は鋭感剤となる場合(DPT及びHMX)と鈍化剤となる場合(NQ及びRDX)があった。 $\text{KClO}_4$ に対する可溶性でんぶんの添加は衝撃感度を鈍化させた。

今までに検討した範囲では、酸化剤は爆轟性化合物と混合されたときに、希釈剤として鈍化作用をする働きと鋭感剤としての働きがあるように思われる。RDXやHMXのような比較的鋭感な爆轟性化合物に対しては、 $\text{KClO}_4$ はこの2つの働きがバランスして作

用して見かけ上感度に影響しないものと考えられる。一方、 $\text{KNO}_3$ は、 $\text{KClO}_4$ に比べて酸化剤として不活性なので、RDXやHMXに対しては、希釈剤としての働きが勝り、鈍化剤として作用したと思われる。DPTやNQはRDXやHMXに比べて鈍感な爆轟性物質である。この場合には $\text{KClO}_4$ も $\text{KNO}_3$ も共に鋭感剤として働いている。このときの鋭感剤としての働きは $\text{KNO}_3$ よりも $\text{KClO}_4$ の方が大きかった。NQについては $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 及び $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ との混合物の衝撃感度についても検討した。 $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ は特に大きい鋭感化効果を示した。DPTは蓋付き、挿入、0号雷管起爆で爆発しなかった。DPTはMKⅢ弾道臼砲試験で6号雷管起爆で完爆しないことが知られている<sup>9)</sup>。

### 3.3 爆轟性化合物に酸化剤を混合したときの爆轟性

RDX及びHMX単独の衝撃着火性試験では、発火した場合は全て爆轟して鋼管の円筒部分は4個の破片となる場合<sup>2)</sup>と鋼管の底が飛んで円筒部分の下部だけが花びら状に裂けて拡がる場合(本実験及び文献<sup>2)</sup>のUp and Down法実験)があった。この違いは用いた鋼管の強度の違いによるものであると考えているが、将来実証的に確認する必要がある。

今回の爆轟性化合物-酸化剤混合物の衝撃着火試験では爆轟が起こった時には鋼管の底が飛んで、円筒部分の下部だけが花びら状に裂けて拡がった。しかし、その裂け方が爆轟性化合物単独の場合よりおだやかであり、爆発の程度は酸化剤の混合によって下がるようである。RDX、HMX、NQ、DPT等の単独では爆轟する物質も酸化剤と混合すると弱い衝撃では爆轟せずに爆

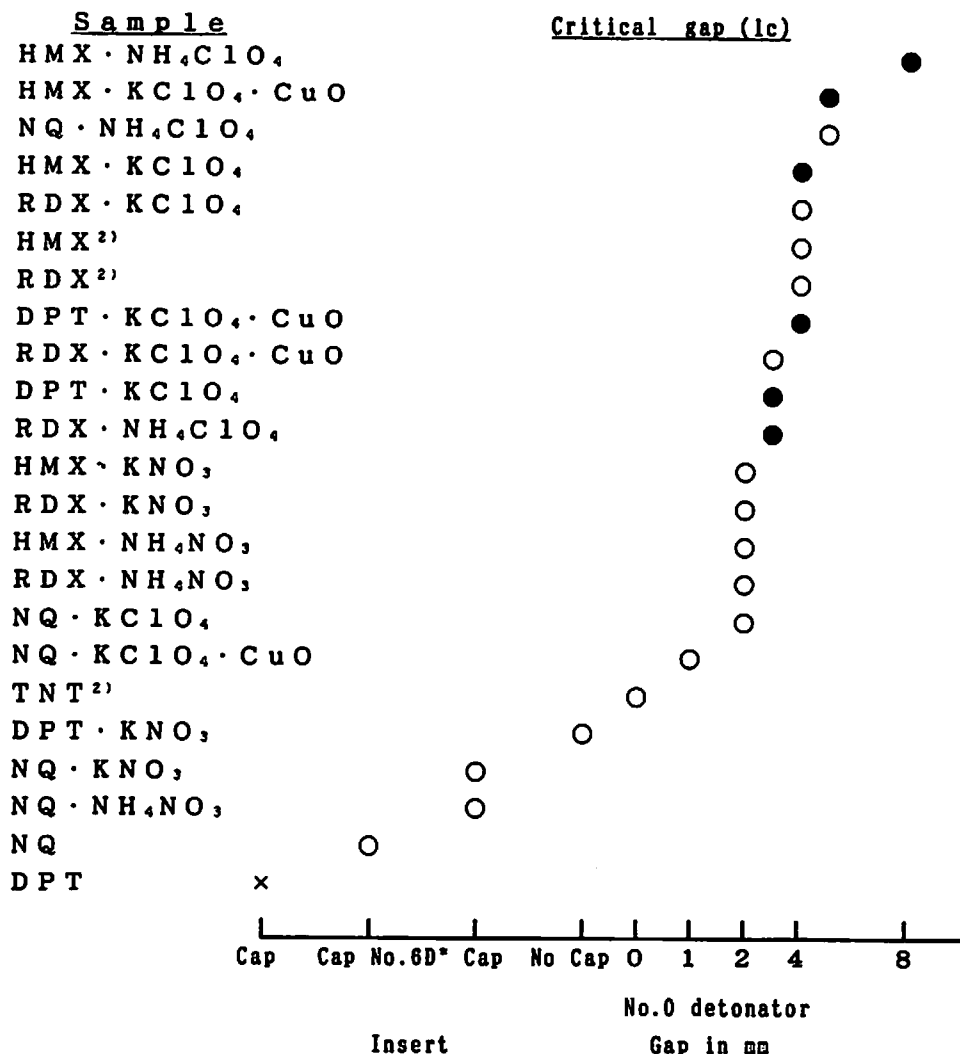


Fig. 3 Critical gap (lc) of the mixtures of detonatable compound—oxidizer and the component detonatable compounds by the initiation with a no.0 detonator

- × No explosion
- Detonation at critical gap
- Defragration at critical gap
- \* Initiation by a no.6 detonator

燃する場合もあることがわかった。

しかし、衝撃着火性試験や産業爆薬用衝撃感度試験<sup>3) 4) 5)</sup>で不爆又は爆燃性の物質も BAM50/60 鋼管試験では爆轟を伝播するものがある<sup>6)</sup>。したがって、ここで検討した混合物を大量に扱う時には爆轟の可能性の有無を 50/60 鋼管試験で確認した方がよい。

エアバッグのガス発生剤の成分としてNQやダブルベース無煙火薬の使用が考えられ<sup>7)</sup>、後者はヨーロッパに実用化されている<sup>8)</sup>。NQ-酸化剤混合物につ

いては本実験で爆轟の潜在的危険性があることが示された。

### 3.4 衝撃着火性試験結果とBAM摩擦感度試験の相関

本実験で用いた化合物及び混合物のBAM摩擦感度試験を行い、その結果と衝撃着火性試験の結果とを比較した。その結果を表4と図4に示す。NQ-KClO<sub>4</sub> (60/40) 混合物の結果を除いて、摩擦感度と衝撃着火性はある程度の相関があることが示された。



Table 4 BAM Friction Test Results and Ic for detonatable compound-oxidizer mixtures

No	Sample	Ic	Result
1	DPT(100)	No*	36kgf × × × ○ × ×
2	DPT-KClO <sub>4</sub> (29/71)	3	8kgf ○ × ○ 6kgf × ○ ○ 4kgf × × × × × ×
3	DPT-KClO <sub>4</sub> -CuO(29/71/10)	3	6kgf ○ × × × × ×
4	RDX-KClO <sub>4</sub> (68/32)	4	6kgf × × × ○ ○ 4kgf × × × × × ×
5	RDX-KClO <sub>4</sub> -CuO(68/32/10)	4	6kgf ○ ○ 4kgf × × × × × ×
6	NQ(100)	IC6*	36kgf × × × × × ×
7	NQ-KClO <sub>4</sub> (60/40)	2	36kgf × × × ○ ○ 24kgf × × × × × × 36kgf × × ○ × ○ × 24kgf × × × × × ×
8	NQ-KClO <sub>4</sub> -CuO(60/40/10)	1	24kgf ○ × ○ 16kgf × × × × × ×
9	HMX-KClO <sub>4</sub> (68/32)	4	6kgf ○ × × × × ×
10	HMX-KClO <sub>4</sub> -CuO(68/32/10)	5	6kgf × × ○ × × ○ 4kgf × × × × × ×
11	DPT-KNO <sub>3</sub> (26/74)	INC*	16kgf × × × × × × 24kgf × × × × ○ ×
12	RDX-KNO <sub>3</sub> (65/35)	2	6kgf ○ × × × × ×
13	HMX-KNO <sub>3</sub> (65/35)	2	6kgf × × × × × × 8kgf × × × ○ × ○
14	NQ-KNO <sub>3</sub> (46/54)	IC*	36kgf × × × × × ×
15	RDX-NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (48/52)	2	No data because of hygroscopicity
16	HMX-NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (48/52)	2	
17	NQ-NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (39/61)	IC*	
18	RDX-NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub> (52/48)	2	6kgf ○ ○ 4kgf × × × × × ×
19	HMX-NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub> (61/39)	8	6kgf ○ × × ○ 4kgf × × × ○ × ○
20	NQ-NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub> (61/39)	IC*	24kgf × × × ○ × ×

\* IC: Insert with cap, INC: Insert with no cap, No: No explosion  
IC6: Insert with cap and initiation by a no.6 detonator

NQ-KClO<sub>4</sub> (60/40) 混合物については摩擦感度試験も2回繰り返したが、結果は変わらなかった。又、衝撃着火性試験も2回繰り返したが大きな変化は見られなかった。BAM 摩擦感度試験と小型ギャップ試験

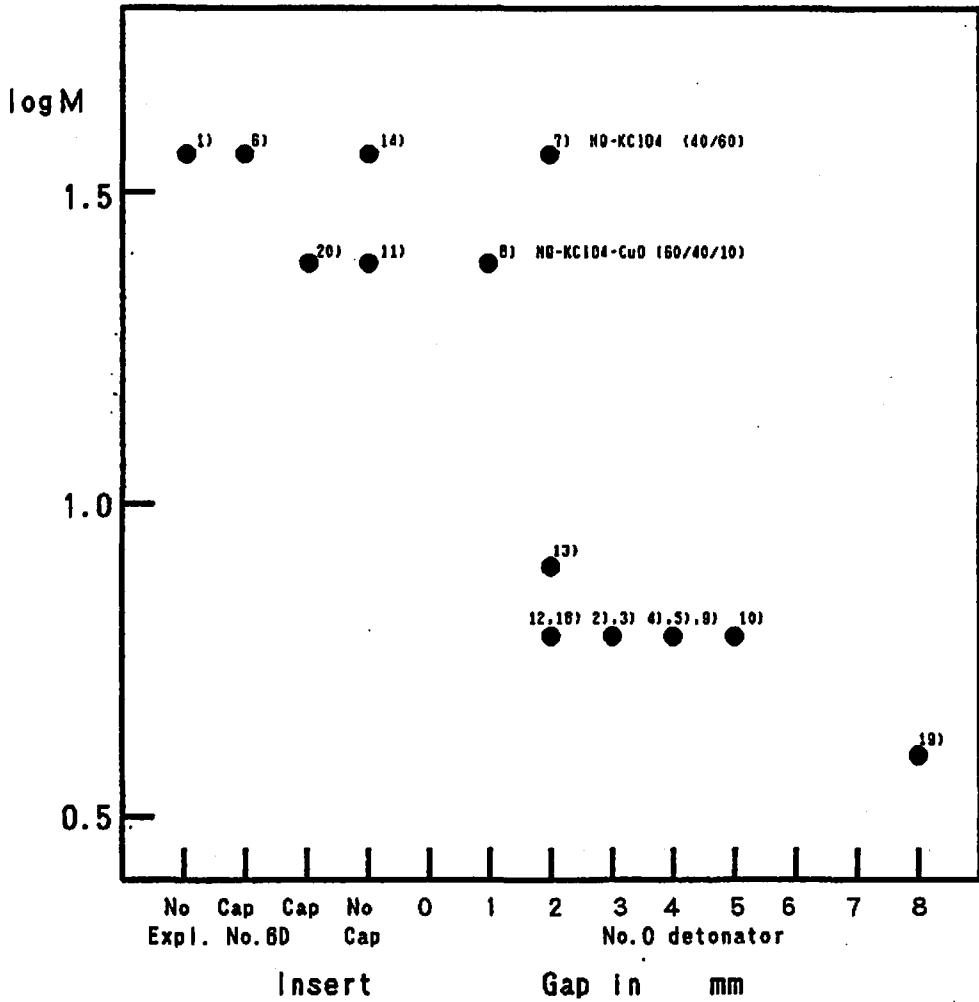


Fig. 4 Plot of logM(critical mass in the BAM friction test vs. result of the shock ignitability test

の間の類似の相関が知られている<sup>10)</sup>。

文 献

- 1) K. Aoki, K. Hara, J. Pang, T. Yoshida, H. Hatano and F. Hosoya, "Sock Ignitability Test for Medium-Sensitive Pyrotechnic Compositions", Proceedings of the 18th IPS, Breckenridge, U. S. A., 12-17 July 1992, p.1
- 2) 波多野日出男, 原一男, 青木憲治, 彭金華, 細谷文雄, 吉田忠雄, 「化合爆薬の衝撃着火性試験」, 工業火薬, 投稿中
- 3) Y. Wada, H. Yabashi, M. Matsunaga, M. Tamura, F. Hosoya and T. yoshida, "Sock Sensitivity Test for Blasting Explosive Cartridges", J. Energetic Materials, 9, 15 (1991)
- 4) T. Okitsu, J. Suzuki, K. Aoki, K. Hara and T. Yoshida, "Shock Sensitivity Test for Commercial Explosives and Low Sensitive Explosive Materials", Paper presented at the 9th Symposium on Chemical Problems connected with the Stability of Explosives, margaretetorp, Sweden, 23-27 August, 1992
- 5) T. Yoshida, K. Aoki, K. Hara and J. Peng, "A Consideration on Impact and Shock Sensitivity Tests(2)", Proceeding of the 18th IPS, Breckenridge, USA, 13-17 July 1992, p.1027
- 6) 鹿住孝, 鈴木良博, 岡田武, 原一男, 青木憲治, 吉田忠雄, 「ADCA-KClO<sub>4</sub>系混合物のVP30塩ビ管試験及び50/60鋼管伝爆性試験」, 日本工機実験(33) 報告書(平成4年10月)
- 7) K. E. Nilsson and S. Zenner, "Airbag-In

- sassenschutz für Automobile. Entwicklungsmerkmale und praktische Ausföhrung des Pyrotechnischen Gasgenerators", Proceedings of the 10th IPS, Karlsruhe, FRG, 2-5 July, 1985, p. 30-1
- 8) M. Kozyreff and D. Shaper "A New Compact European Driver Airbags System", 13th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, Paris, France, 4-7 Nov. , 1991
- 9) T. Yoshida, K. Muranaga, T. Matsunaga, and M. Tamura, "Evaluation of Explosive Properties of Energetic Materials Using MK3 Ballistic Mortar", Annales des Mines, 193 (1-2), 46 (1986)
- 10) 吉田忠雄, 田村昌三編著, 「反応性化学物質と火工品の安全」, 大成出版社, 1988, p.241

---

### Shock ignitability test of mixtures of detonatable compounds and oxidizers

Takashi KAZUMI\*, Yoshihiro SUZUKI\*, Takeshi OKADA\*,  
Kazuo HARA\*\*, Kenji AOKI\*\* and Tadao YOSHIDA\*\*

The shock ignitability test has been conducted on pure nitroguanidine (NQ) and dinitrosopentamethylene tetramine (DPT) , and stoichiometric mixtures of detonatable compounds and oxidizers. Judgements of 'go or no go' were readily made as shown before in the similar tests on pyrotechnic compositions and detonatable compounds. Change in shock sensitivity of the detonatable compounds such as RDX and HMX were dependent on the oxidizers mixed with some of the combinations resulting in no difference. On the other hand, NQ and DPT which were less sensitive than RDX and HMX increased the sensitivity in any combination with the oxidizers such as  $KClO_4$ ,  $NH_4ClO_4$ ,  $KNO_3$  and  $NH_4NO_3$ .

The severity of explosion of detonatable compounds reduced by mixing with oxidizers, and some mixtures, rather than detonate, deflagrated when initiated by a weak shock. BAM friction test data plotted against shock ignitability test data established a certain correlation with one exceptional point.

(\*Shirakawa Plant, Nippon Koki Co. , Ltd. , Nishigoh-mura, Nishisirakawagun, Fukushima 961, Japan

\*\*Department of Mechamical Engineering, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo 184, Japan)