

Fig. 1 Sample assembly for the small gap test

定する。

3. 結果

実験結果を Table 1 に示した。

4. 考察

4.1 鋭感な爆発物の衝撃感度の分類

現在危険物海上輸送に関連した爆発性物質，例えば有機過酸化物の機械的感度（打撃および摩擦感度）は，次の様に分けられている^{11) 12)}。PETNより鋭感なも

Table 1 Results of the small gap test for 1 g powdery substances
Net length of swing in mm

Substance	gap in mm														Shock sensitivity		
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	40	42	44	50		60	
PETN		54*				55*	63*	1	2								High
RDX		54*		56*	74	-1		0									High
Tetryl		42*		38*	54	0											High
Picric acid		59*	49*	0													Not high
TNT		31*	0	0													Not high
Pentlite 50/50		56*		50*	0	0											High
5B Carlit		51*	47*	0													Not high
5BS Carlit		36*	5	0													Not high
BPO dry		6*		4*	0	1**		1**	1**	3**	5**						Very high
BPO 90% with water	15*	0															Not high
NH ₄ ClO ₄ + C		53*		0		0		0									Not high
KClO ₃ + C	2	2															Not high
KNO ₃ + Al		19*		16*		0		0									High
KClO ₃ + Al + S		38*						32*		23*	29*	5	2	0			Very high
KClO ₃ + Al + Ti		36*						36*	28*	33*	20*	3	5	2	3		Very high
PETN (0.5g)						24*		0									High
PETN (2.0g)						94*		-1									High

* : The substance exploded completely.

** : A smoke from decomposition products was observed.

Table 2 Classification of shock sensitivity for explosive substances by the small gap test

Sensitivity Class	Sensitivity	Criteria
1-1	Very high	More sensitive than PETN
1-2	High	Not more sensitive than PETN and more sensitive than TNT
1-3	Not high	Not more sensitive than TNT

の (High) とそうでないもの (Not high), およびメジトロンベンゼンより鋭感なもの (Sensitive) とそうでないもの (Insensitive) に分けられている。PETN より鈍感な爆発物でも TNT より鋭感な物質はかなりの注意を払って取り扱われており、一般に鈍感化して実用化されている。したがって、TNT より鋭感であるか鈍感であるかも1つの分類になるであろう。本試験法によってこの分類も可能である。ここでは Table 2 のような分類を採用した。Not high に分類された物質は前報²⁾ に示した可変起爆剤試験を適用してその下の感度レベルでの分類を行うことが望ましい。

4.2 高性能爆薬の感度の比較

実験した範囲では高性能爆薬の感度の序列は (TNT, あかつきカーリット) < (ピクリン酸, 黒カーリット) < ペントライト < (RDX, テトリル) < PETN の順になった。

4.3 酸化剤混合物および可燃剤組成物

実験した範囲では過塩素酸アンモニウム+麻炭粉末および硝酸カルシウム+アルミニウムの酸素バランス0の混合物が類似の感度を示した。過塩素酸アンモニウムは塩素酸カルシウム, 過塩素酸カルシウム, 硝酸カルシウムと比べると麻炭粉末と混合した時に一番鋭感な組成物を与える酸化剤であり、アルミニウムは硫黄, チタン, 炭素 (麻炭粉末) と比べると硝酸カルシウムと混合

された時に最も鋭感な組成物を与える可燃物である⁷⁾。

前報²⁾ と総合すると、酸化剤-可燃物では実験した範囲内で酸化剤は硝酸カルシウム<過塩素酸カルシウム<塩素酸カルシウム<過塩素酸カルシウムの順に衝撃感度が高くなる。一方、可燃物は麻炭粉末<チタン粉末<硫黄粉末<アルミニウム粉末の順に感度が高くなるのがわかる。

4.4 過酸化ベンゾイルと水希釈の効果

過酸化ベンゾイル (BPO) は多数の事故を経験した鋭感物質として知られている。本実験の結果では爆発を起こす衝撃感度はペントライトと同等であった。しかし、より弱い衝撃で爆発的分解は起こさないが爆発的威力を伴わないゆるやかな分解を起こす。これは分解生成物の煙が試験直後に砲孔からでることによって判断できる。この分解反応は爆燃に発展する可能性があるので実際にはより高感度であると見たほうがよい。

10%の水を含む BPO は乾燥 BPO に比べると感度は低下した。そして、水の含量を増すと更に感度が低下していくことが可変起爆剤試験で確かめられている¹⁴⁾。一方、BPO の伝爆性は水分 20%の時に境界でそれ以上の水分があると伝爆しなくなることも知られている¹⁴⁾。BPO については水希釈が安全性向上の面で非常に有効なことがわかる。

4.5 試料量の効果

Table 3 Comparison of 4 sensitivity tests

Substance	Small gap test [mm] ^{a)}	Gap test [mm] ^{b)}	Drop hammer test [m] ^{b)}	Friction test [kg] ^{c)}
PETN	7	13.6	0.13	8
RDX	5	11.2	0.28	24
Tetryl	5	11.9	0.37	
Pentlite 50/50	4	12.5		
BPO dry	4			24
Picric acid	3		0.73	
TNT	2	7.9	1.48	36

a) This work

b) Reference 8)

c) Reference 9)

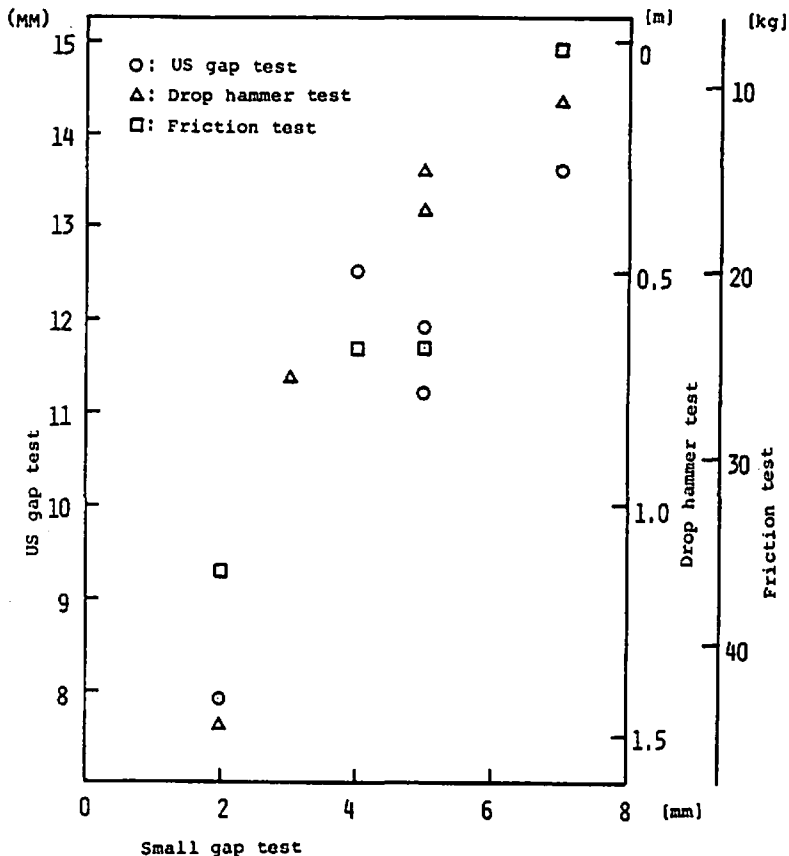


Fig. 2 Plots of results of small gap test vs. those of 3 other sensitivity tests

本実験は試料量 1.0g で実験を行っているが PETN の試料量を 0.5g あるいは 2.0g と体積を変えても本試験法の範囲内で感度は変化しなかった。従って密度を一定にすれば体積、即ち試料量の影響は本試験法の範囲内で少ないと考えられる。

4.6 小型ギャップ試験による衝撃感度と他の方法による感度との比較

本方法と落槌感度⁹⁾、摩擦感度¹⁰⁾およびギャップ試験⁹⁾の結果を比較したのが Table 3 および Fig. 2 である。比較したギャップ試験データは Dobratz⁹⁾の収録した NSWC で採られたデータである。筆者らの実験は粉状の爆薬について行われたので、それに近い試料について行われたデータを用いた。筆者らの数値は起爆が起こる最大の mm 数であり、NSWC ギャップ試験のデータは 50% 爆点のデータで少し意味が違う。しかし、Dobratz の 50% 爆点があるとすれば、それは筆者らの数値の 1 mm 以内のところにある。したがって、筆者らの数値を 50% 爆点として扱っても大きな誤差とはならない。NSWC ギャップ試験は励爆薬として直径 25.4 mm、長さ 38.1 mm の RDX ペレット (重

量 34.8g) を使っている。それに対して筆者らは 0.2 g の DDNP を用いている。励爆薬の量は NSWC ギャップ試験の方が約 174 倍である。また、双方の限界ギャップ長を比べると PETN, RDX, テトリルの場合、NSWC ギャップ試験の方が小型ギャップ試験の値より約 2 倍大きい、TNT の場合には約 4 倍になっている。これは、この 2 つの試験法におけるカード内の衝撃波の源衰挙動が異なるためと考えられる。本実験の結果と NSWC ギャップ試験結果との相関はペントライト 50/50 のデータを除いて良好であった。残念ながらペントライト 50/50 については落槌および摩擦感度の実験データがないのでこれ以上の議論はできない。

比較した落槌感度試験データは同じく Dobratz⁹⁾の収録した LLNL データである。2.5kg の落槌を用いたタイプ 12 試験機の結果で 50% 落高である。これらの 2 つの試験結果は例外なしに良い相関が認められた。正確な落槌感度データが得られれば、それぞれの試験結果から他の試験結果を推定できる可能性がある。

比較に用いた摩擦感度試験データは BAM データ¹⁰⁾で 1/6 爆点の摩擦荷重である。摩擦試験の判定は離

しく、どの現象を爆発とみるかによって結果が変わってくる。ここでは、“knistern”までを爆発とした。摩擦発火の機構は衝撃発火のそれと異なると考えられるが、比較データの範囲内では相関がある。しかし、比較できるデータが少ないので現時点では詳しい議論はできない。

文 献

- 1) 吉田忠雄, 松永猛裕, 村永浩太郎, 安部隆幸;「爆発の危険性を有する不安定物質の衝撃および爆発威力の測定法」, 特願 昭59-18849 (59.9.8)
- 2) 村永浩太郎, 松永猛雄, 田村昌三, 安部隆幸, 吉田忠雄;「Mk III 弾動白砲の性能と応用(X),一弾動白砲を用いた爆発危険性物質の衝撃感度の測定一」, 工業火薬, 46, 162 (1985)
- 3) 吉田忠雄, 村永浩太郎, 松永猛裕, 田村昌三;「Mk III 弾動白砲試験による有機過酸化物の爆発危険性評価(IX)」, 災害の研究, 投稿中
- 4) 吉田忠雄, 田村昌三, 吉田正典;「打撃感度試験」, 工業火薬, 39, 115 (1978)
- 5) 岡崎一正;「摩擦感度」, 工業火薬ハンドブック, 共立出版, p249 (1966)
- 6) 吉田忠雄, 蔵持男, 松永猛裕, 村永浩太郎;「耐久性のある弾動白砲」実用新案出願 昭59-0903 24 (1984)
- 7) 村永浩太郎, 井上吉勝, 松永猛裕, 伊藤葵, 田村昌三, 吉田忠雄, 村井一;「Mk III 弾動白砲の性能と応用(VIII)一煙火原料組成物の衝撃感度と伝爆性一」火薬と保安, 投稿中
- 8) 吉田忠雄, 松永猛裕, 池田義之, 井上篤雄, 平井靖男, 牧山泰雄, 萩井英彦, 石田俊男;「弾道振

子による有機過酸化物の伝爆性および静的爆発力試験法の研究」, 安全工学, 投稿中

- 9) B. M. Dobratz, "LLNL Explosives Handbook. Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants", Lawrence Livermore National Laboratory (1981)
- 10) H. Koenen und K. H. Ide; "Über die Prüfung explosive Stoffe I. Ermittlung der Reibempfindlichkeit", Explosivstoffe, Nr. 5/6, 3 (1955)
- 11) J. C. Astro, Th. M. Groothuizen and J. J. DeGroot, Edn; "Seminar Book for Test Methods for Organic Peroxids", TNO, Rijk, The Netherlands (1984)
- 12) J. C. Astro, Th. M. Groothuizen and J.J.DeGroot; Condensed Minutes of the Seminar on test Methods for Organic Peroxides held at TNO, The Netherlands on October 9, 10 and 11 (1984)
- 13) C. M. Mason and E. G. Aiken, "Methods for Evaluating Explosive and Hazardous Materials", Bureau of Mines IC8541 (1972)
- 14) 吉田忠雄, 村永浩太郎, 松永猛裕, 萩井英彦, 村門徹, 田村昌三;「Mk III 弾動白砲の性能と応用(XII)一有機過酸化物の衝撃感度, 伝爆性と爆発威力一」, 安全工学投稿中
- 15) D. Eldh, B. Persson, B. Ohlin, C. H. Johansson, S. Ljungberg and T. Sjolín; "Shooting test with plane impact surface for determining the sensitivity of explosives", Explosivstoffe, 11, 97 (1963)

Performance and Application of the Mk III Ballistic Mortar Test (XI)

—The Small Gap Test Using the Mk III Ballistic Mortar—

by Takehiro MATSUNAGA*, Kotaro MURANAGA**, Mamoru ITO*,
Masamitsu TAMURA*, Isamu KURAMOCHI*** and Tadao YOSHIDA

A new method to evaluate the shock sensitivity of relatively high sensitive materials has been established as an application of the Mk III ballistic mortar. In this method, to obtain different strengths of shock initiation which are weaker than that of a no.0 detonator (DDNP 0.2g), we used different sheets of polyethylene between the material and a no.0 detonator. This new method proved to be useful to obtain easily and quantitatively the shock sensitivities of high explosives, organic peroxides and oxidizer-fuel mixtures which are highly sensitive to shock initiation. Moreover, we can say that these data on the shock sensitivity have good correlation with the data by the US gap, the drop hammer and the BAM friction tests.

(* Department of Reaction Chemistry, Faculty of Engineering,
The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113

**Hodogaya Factory, The Japan Carlit Co., Ltd.,
1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, 240

***Kuramochi Scientific Instruments Co., Ltd.,
2-3-4 Ikenohata, Taito-ku, Tokyo 110)