

Mk III弾動臼砲の性質と応用(XVII)

粒状黒色火薬の性能評価

和田有司*, 村永浩太郎**, 田村昌三*

国友繁明***, 吉田忠雄*

打揚げ煙火の発射薬としての粒状黒色火薬の性能評価に、Mk III弾動臼砲を用いた可変起爆剤衝撃感度試験ならびに発射威力試験、時間—圧力試験器を用いた燃速試験、落球式打撃感度試験及びセリウム—鉄火花着火性試験の適用を試みた。

粒度の異なる3種の粒状黒色火薬及び粉状黒色火薬について試験した結果、Mk III弾動臼砲を用いた発射威力試験において粒度による差異を見出すことができた。小粒径の粒状黒色火薬では、6号電気雷管による起爆より点火玉による点火の方が大きな威力を示し、大粒径の黒色火薬では反対の傾向がみられた。この説明として、現段階ではMk III弾動臼砲内での燃焼速度の差によるものと考えている。

1. はじめに

粒状黒色火薬は現在主として煙火の打揚げ用発射薬として用いられている。打揚げ煙火の発射薬としての黒色火薬の正式の試験法は現在までのところ定められていない。標準の打揚げ筒と模擬玉を用意し、筒に一定薬量の黒色火薬を装填し、模擬玉を入れて点火・発射し、初速、弾道、到達高度、滞空時間等を測定して、打揚げ薬としての黒色火薬の性能を評価することが望ましい。

しかし、現在我が国ではそのような設備がないので、ここではMk III弾動臼砲を用いた可変起爆剤試験¹⁾、Mk III弾動臼砲と点火玉を用いた発射威力試験、燃焼の激しさを調べる時間—圧力試験²⁾³⁾⁴⁾、打撃感度を調べる落球試験⁵⁾及びセリウム—鉄火花を用いる着火性試験⁶⁾を粒状黒色火薬に適用して、これらの試験が黒色火薬の性能評価に有効であるかどうかを検討した。

2. 実験

昭和63年6月29日受理

*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(Ext. 7293)

**日本カーリット(株)保土ヶ谷工場管理部
〒240 神奈川県横浜市保土ヶ谷区仏向町 1625
TEL 045—331—3041

***国友銃砲火薬店
〒600 京都市下京区寺町仏光寺上る
TEL 075—351—4126

2.1 試料

用いた粒状黒色火薬はA、B及びCの3種で、その組成はほぼ同じであるが、AについてはKNO₃(73.7%)、S(9.6%)及び木粉(16.7%)を含むことがわかっている。参考のために粉状黒色火薬(日本化薬(株)製)についても実験を行った。用いた粒状黒色火薬の粒度分布をTable 1に記す。AとBとの粒度は類似であり、Cのみがかなり粗粒であった。

点火玉(DDNP 4mg)、0号電気雷管(DDNP 0.2g)、6号電気雷管(DDNP 0.2g+ペントライト 0.4g)及び粉状PETNは日本化薬(株)製のものを用いた。着火剤としては、試薬の四三酸化鉛(鉛丹(Pb₃O₄))と珪素鉄(FeSi)の等質量混合物を用いた。

2.2 試験装置

弾動臼砲としては、葎持科学器械(株)製のMk III G

Table 1 Particle distributions of sample gun powders.

Mesh	A	B	C
~ 8# on			68.1
~ 10# on		0.0	18.3
~ 16# on	0.0	4.1	13.2
~ 24# on	2.2	55.3	0.4
~ 35# on	96.6	36.5	0.0
~ 48# on	1.1	3.2	
48# pass	0.1	0.9	



Fig. 1 Photograph of the time/pressure tester.

を用いた。試料容器は10 ml サンプルビンとプラスチック製円筒と蓋を組み合わせたものを用いた。

時間—圧力試験装置としてはFig. 1に示したものを²⁾を用いた。時間—圧力試験における発生圧力の時間経過は、ピエゾ圧力センサー(キスラーモデル 607A)、増幅器(キスラーモデル 503D)、デジタルメモリー(エコレーモデル 4094)、データレコーダー(TEACモデル MR-30)及びXYレコーダー(渡辺測器モデル WX4421)を用いて測定した。

落球試験機は葦持科学器械(株)製の試験機³⁾を用い、535 gの落球を用いて直撃法で試験した。着火性試験はアセチレンガス点火用、セリウム—鉄摩擦ライターを用いて行った。

2.3 試験手順

2.3.1 Mk III弾動臼砲を用いた可変起爆剤衝撃感度試験

- (1) 10 ml サンプルビンに5 gの黒色火薬を秤りとする。
- (2) 内筒に0.1, 0.2または0.3 gの粉状PETNを秤りとする。
- (3) 内筒をプラスチック製蓋の孔に挿入し、蓋をサンプルビンに取り付ける。
- (4) 0号雷管または6号雷管を内筒に挿入し、でき上がった試料集合体を弾動臼砲の砲孔の奥に挿入する。
- (5) 電気雷管の脚線を2 kg投射物の孔に通して、投射物を臼砲の砲孔の入口に取り付ける。
- (6) 振れ幅記録用の鉛筆を取り付ける。
- (7) 脚線を発破母線に結線し、母線他端を発破器に取り付ける。
- (8) 発破器に充電し、秒読み後、発破器のスイッチを入れて点火し、臼砲振れ幅を測定する。

- (9) 臼砲砲孔内を清掃する。

2.3.2 Mk III弾動臼砲を用いた点火による威力測定

- (1) 10 ml サンプルビンに5 gの黒色火薬を秤りとする。
- (2) 内筒の先端に小さな孔を開け、この孔に外側から点火玉の脚線を通し、内側から脚線を引張って点火玉が内筒の先端に位置するようにする。
- (3) 内筒をプラスチック製蓋の孔に挿入し、蓋をサンプルビンに取り付け、点火玉が黒色火薬の中に埋まるようにする。
- (4) でき上がった試料集合体を弾動臼砲の砲口の奥に挿入する。

(5)~(8)は可変起爆剤試験の手順と同じである。

2.3.3 時間—圧力試験

- (1) 計測器の電源を入れ、使える状態にセットする。
- (2) 時間—圧力試験器の下のネジ蓋を外し、これに通電用電線を取り付ける。
- (3) 1.0 gの着火剤をサンランラップ上に秤りとり、その中に点火玉を埋めて、サンランラップで包み込む。
- (4) 点火玉の脚線を2 cm程度に切り、先の部分の絶縁被膜をはがし、下のネジ蓋の電極端子に取り付ける。
- (5) 試験器を逆さに、パッキングを取り付けて、点火玉と着火剤の付いたネジ蓋を取り付ける。
- (6) 試験器を正常な向きにして、架台にのせる。
- (7) 5.0 gの黒色火薬を試験器の中に入れる。
- (8) パッキングと破裂板を上側のネジ蓋で取り付ける。
- (9) 圧力センサーの端子と計測器の導線をつなぐ。
- (10) 先に取り付けた通電用電線を発破母線に結線し、母線他端を発破器につなぐ。
- (11) 計測器を信号受け入れ可能な状態とする。
- (12) 秒読み後、発破器のスイッチを入れ、点火する。
- (13) 得られた信号から圧力100 psi及び300 psiの時の時間を読み取る。
- (14) 計測された圧力の時間変化をXYレコーダー上に記録する。
- (15) 試験器を分解清掃する。

2.3.4 落球感度試験

落球試験は文献⁴⁾記載の手順に従って行った。

試料はそのままの粒度のもの、メノウ乳鉢ですりつぶしたものを用いた。落球は535 gの質量のものを用い、直接打撃式で行った。

2.3.5 セリウム—鉄火花着火性試験

セリウム—鉄ライターを試料(約0.5 g)の上1 cmの距離から、1秒の間隔で引金を引き、発生した火花を

Table 2 Results of the Mk III ballistic mortar.

Run	Gun powder	Initiator*	Swing length (cm)	Net-swing length (cm)	average	
1	A	Fuse head	13.6	13.6	14.3	
2	A	Fuse head	15.0	15.0		
3	B	Fuse head	13.6	13.6		13.5
4	B	Fuse head	13.4	13.4		
5	C	Fuse head	10.3	10.3		10.1
6	C	Fuse head	9.8	9.8		
7	A	No. 0 detonator	11.8	10.9	10.9	
8	A	No. 6 detonator	15.0	12.0		
9	B	No. 0 detonator	13.1	12.2		
10	B	No. 6 detonator	15.8	12.8		
11	C	No. 0 detonator	7.9	7.0		
12	C	No. 6 detonator	14.7	11.7		
13	A	#0+0.1 g PETN	16.0	14.6		
14	A	#0+0.2 g PETN	15.0	13.1		
15	A	#0+0.3 g PETN	16.3	13.9		
16	B	#0+0.1 g PETN	15.5	14.1		
17	B	#0+0.2 g PETN	15.7	13.8		
18	B	#0+0.3 g PETN	14.7	12.3		
19	C	#0+0.1 g PETN	11.5	10.1		
20	C	#0+0.2 g PETN	14.1	12.2		
21	C	#0+0.3 g PETN	15.4	13.0		
22	P**	Fuse head	10.8	10.8		
23	P**	Fuse head	10.9	10.9		

* : No. 0 detonator
 ** : Powdery gun powder

試料に当てる。試料が発火するまでの火花発生回数を記録する。

3. 結果と考察

3.1 結果

3.1.1 弾動臼砲試験

弾動臼砲を用いた試験の結果を Table 2 に示した。

時間一圧力試験器を用いた試験の結果を Table 3 に示した。

落球試験結果を Table 4 に示した。

セリウム一鉄火花着火性試験の結果は、粒状黒色火薬 A 及び B は 1 回の火花で着火し、C は 2 回の火花で着火した。

3.2 粒状黒色火薬 (A, B, C) 及び粉状黒色火薬 (P) の比較

時間一圧力試験結果 (Table 3) は粒状黒色火薬より粉状黒色火薬の方が 3 倍燃速の大きいことを示している。しかし、粒状黒色火薬の燃速はこの方法では区別

Table 3 Results of the time/pressure test.
 Ignitor : fusehead + FeSi + 0.5 g Pb₃O₄

Run	Gun powder	Δt (100 to 300 psi)	Δt _{average}
1	A	4.1 ms	2.8 ms
2	A	2.5 ms	
3	A	1.9 ms	
4	B	2.7 ms	3.1 ms
5	B	3.4 ms	
6	C	3.1 ms	3.2 ms
7	C	3.2 ms	
Ref.	P*		0.95 ms

* : Powdery gun powder.

をつけ難い。

Mk III 弾動臼砲による可変起爆剤試験の結果を

Table 4 Results of the drop ball test for gun powders.
Ball weight 535 g and fall height 20cm.

Run	A		B		C	
	Particle	Powder	Particle	Powder	Particle	Powder
1	x	x	x	x	x	△
2	x	△	△	○	x	x
3	x	○	x	x	x	x
4	x	x	△	△	x	x
5	x	○	△	x	x	x
6	△	△	x	△	x	△
7	x	x	x	△	○	△
8	x	△	△	x	x	x
9	x	x	△	△	x	x
10	x	△	△	x	x	x

x : no reaction, △ : smoke, ○ : spark without flame propagation

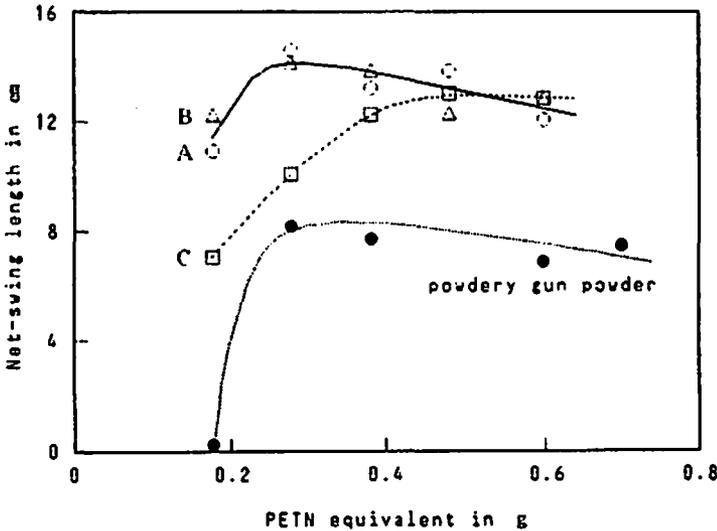


Fig. 2 Plot of net-swing length vs. PETN equivalent of the initiator in the variable initiation test of gun powders.

Fig. 2に示した。粒状黒色火薬A及びBと粉状黒色火薬Pは威力は異なるが衝撃感度は同等であった。粒状黒色火薬CはA及びBに比べてやや鈍感という結果が得られた。粒状黒色火薬CはA及びBと粒度がかなり異なるが、粒状黒色火薬と粉状黒色火薬でも粒度が大きく異なる。したがって、この感度の差異は粒度だけの原因に帰することはできない。

行った条件の落球試験では、炎の発生する発火はなかった。しかし、その前兆となる火花の発生や煙の発生がみられたが、この方法ではこれらの製品の安全性の優劣をつけることは困難である。

着火性試験では粒状黒色火薬A及びBよりCがやや

Table 5 Net-swing (cm) with gun powders initiated by No.6 detonator and fuse head.

	A	B	C	P
No.6 detonator	12.0	12.8	11.7	6.8
Fuse head	14.3	13.5	10.1	10.9

着火し難いとの結果が出たが、一般の着火性物質の中では、粒状黒色火薬Cもかなり着火し易い物質に分類される。

3.3 雷管起爆と点火玉点火

6号雷管起爆と点火玉点火による黒色火薬の臼砲振

れ幅をTable 5に示した。

粒状黒色火薬A、B及び粉状薬Pでは、点火玉(薬量DDNP 4mg)点火の方が6号雷管(総薬量600mg)起爆よりMkⅢ弾動臼砲試験で大きな威力を示している。すなわち、投射物の発射速度が大きい。一方、粒度の大きい粒状薬Cでは反対の傾向が出ている。

この現象の説明の1つとして次のことが考えられる。粉状黒色火薬や小粒径黒色火薬(A及びB)では、雷管起爆により、点火玉点火による場合より速い燃焼が起こり、投射物の運動が開始される前に燃焼が終ってしまう。そのために膨脹ガスのエネルギーは投射物の初期の運動に多くが費やされ、投射物が動き出してから加速に使われることが少なくなる。点火玉点火による場合は燃速がより遅いために、初期の少ないガス発生で、投射物をゆっくりと始動させ、その後発生するガス圧で投射物を加速し、結局より速い初速を与えることが考えられる。

大粒径の粒状黒色火薬Cの場合には雷管起爆でも同時着火は起こらず、むしろ点火玉点火による場合より遅く燃焼するものと思われる。そして、大粒径黒色火薬の場合は燃焼速度が遅すぎて、投射物の十分な加速が行われる前に投射物が砲口を離れてしまうものと思われる。この実証は今後の実験に持たなければならない。

4. まとめ

粉状、小粒状及び大粒状黒色火薬の性能をMkⅢ弾動臼砲を用いた可変起爆剤衝撃感度試験及び威力試験、時間—圧力試験器を用いた燃速試験、落球式打撃感

度試験及びセリウム—鉄火花を用いた着火性試験を用いて評価した。

粒度の異なる3種の黒色火薬の差は弾動臼砲を用いた点火玉点火による威力試験で見出すことができた。しかし、弾動臼砲による威力試験と実際の打揚げ性能との間の相関を求めておかないと正しい相対的評価をすることはできない。

謝 辞

本研究の一部は火薬工業技術奨励会の助成金によって行われた。ここに謝意を表する。

文 献

- 1) 村永浩太郎, 松永匡裕, 田村昌三, 安部隆幸, 吉田忠雄, 工業火薬, 46, 162(1985)
- 2) B.C.Turner, RARDE Branch Memorandum EM2/1/73 (1973)
- 3) Groothuizen et al., Editors, "Seminar Book on Test Methods for Organic Peroxides", Anex 4, UK-4 (1984)
- 4) 田村昌三, 三浦真一, 平尾勝彦, 大内博史, 伊藤葵, 吉田忠雄, 工業火薬, 47, 46(1986)
- 5) 松永匡裕, 金子良昭, 吉沢二千六, 井上吉勝, 田村昌三, 蔵持 勇, 吉田忠雄, 工業火薬, 49, 3(1988)
- 6) H.Koenen, K.H.Ide and K.H.Swart, Explosivstoffe, 9, 4, 30 (1961)
- 7) 松永匡裕, 村永浩太郎, 蔵持 勇, 安部隆幸, 田村昌三, 吉田忠雄, 工業火薬, 46, 64(1985)

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

Evaluation of Performance of Coarse Gun Powder

by Yuji WADA*, Kotaro MURANAGA**, Masamitsu TAMURA*,
Shigeaki KUNITOMO*** and Tadao YOSHIDA*

Several test methods were applied to the evaluation of performance of coarse gun powders which is used to shooting the fireworks.

Three different particle sizes of coarse and a fine gun powders were examined and we found the effect of particle size of coarse gun powders on the shooting power by using the Mk III ballistic mortar test. For the less coarse gun powders, initiation by a fuse head gave bigger power than that by a No.6 detonator. And the coarsest gun powder showed the inverse trend. It was suggested that the cause of this phenomenon was due to the difference in burning rates of the powders in the Mk III ballistic mortar.

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

**Hodogaya Factory, The Japan Carlit Co., Ltd.,

1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 240, Japan.

***Gunsmith of Kunitomo Co., Ltd., Teramachi, Bukkoji, Simogyo-ku, Kyoto 600, Japan.)
