

Table 1 Test conditions of the sample explosives

No.	Explosives	Appearance	Drying	Powder diameter (mesh)
1	Ammonium nitrate	Granulous	Vac*, room temp., 24hrs.	48~100
2	Ammonium perchlorats	Powdery	"	"
3	Nitrocellulose 13.4%	"	"	—
4	Nitrocellulose 11.5~12.2%	"	"	—
5	Ammonia gelatine	Gelatinous	—	—
6	Gelignite 75%	"	—	—
7	Gelignite 60%	"	—	—
8	Gelignite 50%	"	—	—
9	Ammon explosive	Powdery	Vac., room temp., 24hrs.	—
10	ANFO explosive	Granulous	"	—
11	Slurry explosive	Slurry	—	—
12	KURO carlit	Powdery	Vac., room temp., 24hrs.	—
13	No. 5 KURO carlit	"	"	—
14	Black powder	Granulous	"	—
15	Igniter	"	"	—
16	Propellant	"	"	—
17	PETN	Powdery	Vac., 45°C, 24hrs.	48~100
18	Picric acid	"	"	"
19	TNT	"	"	"
20	Tetryl	"	"	"
21	RDX	"	"	"
22	HMX	"	"	"
23	Composition A-3	Granulous	Vac., room temp., 24hrs.	—
24	Composition A-3 type	"	"	—
25	Composition A-4	Powdery	"	—
26	Composition B	Block	"	48~100
27	Composition C-4	Semi-gelatinous	"	—
28	Hexal (P-30)	Powdery	"	—

* Vac. : Vacuum drying

Table 2 に落高 2 m, 荷重 20kg で, 8cm 幅のステンレス製摩擦板を使用して得られた結果と, BAM 式摩擦試験機および落つい試験機による実験結果を示した。

振り摩擦試験機では, 1 振り目の結果を左から 3 列目に, すべての振れの「爆」のうち, 判定基準の一番高いものを感度とした結果を, 4 列目に記載した。2 振り以降の結果を考慮することにより, 1 振り目だけの結果で感度比較の行なえない鈍感な資料の感度比較が, 5 種類の資料について可能になった。Table 2 では, すべての振れに関して感度のよい順に, 上から列

挙してある。

Table 3 は, 爆がその程度にかかわらず, 何振り目に初めて出るかに着目して, 整理したものである。少ない振れ数で爆が出るほど, 発火しやすいと言える。この表では, 振れ数が 29 まで出ていて, 空打らの振れ数 18 回より多い。試料を置くと, 一種の潤滑油となつて, 振れ数が多くなることを示している。

3.2 荷重 20kg および 30kg, 摩擦板 2m 幅の場合
次に落高は 2m と一定にし, 荷重を 20kg および 30kg と変化させ, 摩擦板を 2m 幅にして実験した。結果

Table 2 Sensitivity characteristics of explosives

No.	Explosive	Pendulum friction										Friction		Impact (5kg)			
		(First swing)					(Total swings)					1/6 Point (kg)	50% Point (kg)	1/6 Point (cm)	50% Point (cm)		
		E	PE	Sn	C	Sp	U	E	PE	Sn	C	Sp	U				
1	PETN	10						10						3.27	4.43	12.77	16.01
2	RDX	10						10						7.19	10.67	14.20	19.67
3	HMX	10						10						9.43	12.34	13.24	17.92
4	KURO carlit	10						10						12.66	16.18	21.68	25.52
5	Gelignite 75%	2					8	10						—	—	—	—
6	Ammonia gelatine	2			1		7	9	1					—	—	—	—
7	Gelignite 60%	1					9	6	3	1				—	—	—	—
8	Hexal (P-30)		1				9	4	2	1	3			—	—	—	—
9	Propellant	3	1	3	2		1	3	1	4	2			12.11	15.35	32.95	38.26
10	Tetryl				3		7		7	3				10.93	12.56	60.00	100.00
11	Comp. B				2		8		4	1	5			9.24	11.75	100.00	—
12	Gelignite 50%		1	4			5		1	7	2			—	—	—	—
13	Comp. C-4						10			4	6			20.20	23.28	40.00	65.00
14	Comp. A-4				2		8			3	7			9.57	12.61	50.00	85.00
15	NC 13.4%				6		4			1	9			6.82	9.15	11.21	19.20
16	NC 11.5%—12.2%				6		4				10			11.69	15.45	3.94	11.90
17	Comp. A-3						10				10			11.30	13.75	60.00	100.00
18	Comp. A-3 type						10				8		2	17.37	19.54	100.00+	—
19	No. 5 KURO carlit						10				7		3	36.00+	—	24.15	29.21
20	AP						10				1		9	36.00+	—	33.01	40.88
21	Igniter						10					6	4	36.00+	—	51.80	64.64
22	Black powder						10						10	36.00+	—	20.36	23.06
23	Ammon explosive						10						10	36.00+	—	100.00	—
24	TNT						10						10	36.00+	—	100.00+	—
25	PA						10						10	36.00+	—	100.00+	—
26	ANFO						10						10	36.00+	—	100.00+	—
27	AN						10						10	36.00+	—	100.00+	—
28	Slurry						10						10	36.00+	—	100.00+	—

Table 3 Number of swing, at which first explosion was observed. (Weight : 20kg, Width : 8cm)

No.	Explosive	No. of swing																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	PETN	10																												
2	RDX	10																												
3	HMX	10																												
4	KURO carlit	10																												
5	Propellant	9	1																											
6	Gelignite 75%	2	7	1																										
7	Gelignite 50%	5	0	5																										
8	NC 11.5--12.2%	6	1	2	1																									
9	Gelignite 60%	1	4	4	1																									
10	NC 13.4%	6	1	2	0	1																								
11	Tetryl	3	0	5	0	2																								
12	Ammonia gelatine	3	1	4	0	0	0	2																						
13	Hexal	1	2	2	1	1	0	1	0	0	1	0	1																	
14	Comp. A-4	2	1	1	1	0	0	1	0	0	2	0	1	0	1															
15	Comp. B	2	0	2	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1												
16	Comp. C-4	0	0	2	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1												
17	Comp. A-3	0	0	3	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2											
18	Comp. A-3 type	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
19	No. 5 KURO carlit	0	0	3	0	3	0	1																						
20	Igniter	0	1	3	0	1	1																							
21	AP	0	0	1																										

Table 4 Pendulum friction test results

No.	Explosive	2cm, 20kg						2cm, 30kg						
		E	PE	2cm, Sn	20kg C	Sp	U	E	PE	2cm, Sn	30kg C	Sp	U	
1	Tetryl		9	1										
2	Comp. B		5	2	3									
3	Propellant	2	1	6	1									
4	NC 13.4%	1	2	3	4									
5	Comp. C-4			7	3									
6	No. 5 KURO carlit			7	3									
7	Comp. A-4			6	4									
8	NC 11.5-12.2%			2	8									
9	Comp. A-3			1	9									
10	Comp. A-3 type				9		1							
11	Igniter					6	4							
12	AP				4		6							
13	Ammon explosive						10		2	4			4	
14	PA						10		1	7			2	
15	TNT						10		1	7			2	
16	Black powder						10		1	2			7	
17	ANFO						10						10	
18	AN						10						10	
19	Slurry						10						10	

は Table 4 の通りである。

Table 2 の結果と比較すると、20kg, 2cm 幅にすることにより、全体に判定基準が上がった。TNT, ピクリン酸は、ともに変色が見られたが、これまでと同じく「不爆」であった。

30kg, 2cm 幅にすると、これまで不爆を示していた TNT, ピクリン酸, アンモン爆薬, 黒色火薬が、爆を示すようになった。ANFO, スラリー爆薬にも変色が認められた。

20kg, 2cm および 30kg, 2cm について、何振り目に初めて爆が出るかを示したのが Table 5 である。

次に、各振れ数ごとに現れた爆の回数を、Table 6 に示した。このようになるのは、アンビル上に試料があれば、何回でも爆を示す可能性があるためである。

4. 考察

4.1 振り摩擦, 摩擦, 落つい相互間の感度比較

Table 2, Table 4 から、振り摩擦試験, BAM 式摩擦感度試験, 落つい感度試験の 3 方式のうちで、振り摩擦試験が最も鈍感な火薬類まで感度測定ができることがわかった。

次に、3 方法の感度の間に、何か関係があるかどうか、相互関係をしらべる。本報では、それぞれの感度の順位により比較する方法を採用した。(後報では、別の方法で比較を行なう予定)

振り摩擦では Table 2 と Table 4 により、順位を決め、感度の最もよいものを 1 番にした。摩擦と落ついでは、Table 2 の 50% 爆点で最も鋭感なものを、それぞれ 1 番として順位を決定した。

Fig. 1 に振り摩擦と摩擦, Fig. 2 に振り摩擦と落つい, Fig. 3 に摩擦と落ついの感度順位の関係プロット

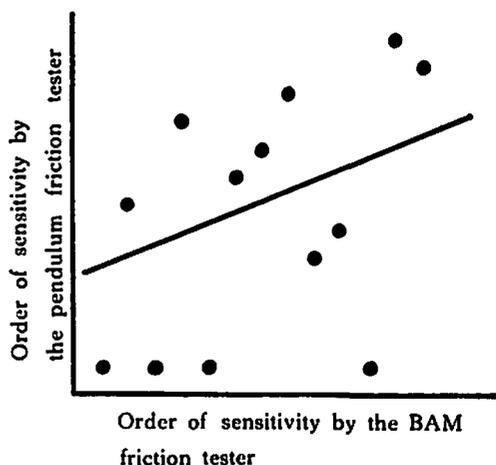


Fig. 1 Correlation between sensitivities by the pendulum friction tester and the BAM friction tester

Table 5. Number of swing, at which first explosion was observed (Width : 2cm)

Weight (kg)	Explosive	No. of Swing																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	Propellant	10																			
	NC 13.4%	6	1	2	1																
	Tetryl	4	0	5	0	1															
	Comp. C-4	5	0	4	0	0	0	0	0	0	1										
	Comp. A-4	2	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1							
	Comp. B	1	0	3	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1				
	No. 5 KURO carlit	0	1	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
	NC 11.5-12.2%	0	0	7	0	1	0	1	1												
	Comp. A-3	0	0	0	0	1	1	4	0	2	0	1	0	0	1						
	Comp. A-3 type	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1			
	Igniter	2	1	1	1	0	1														
AP	0	1	3																		
30	PA	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2		
	TNT	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2		
	Ammon explosive	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0	1							
	Black powder	2	0	1																	

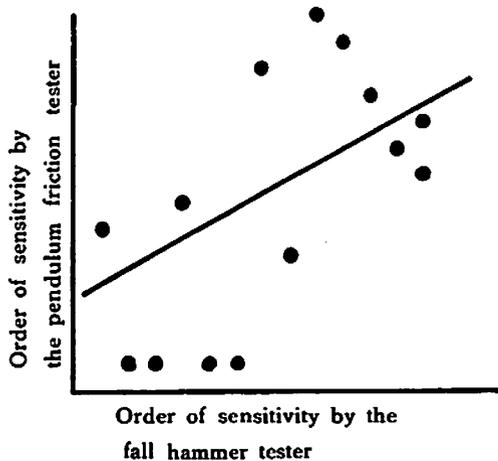


Fig. 2 Correlation between sensitivities by the pendulum friction tester and the fall hammer tester

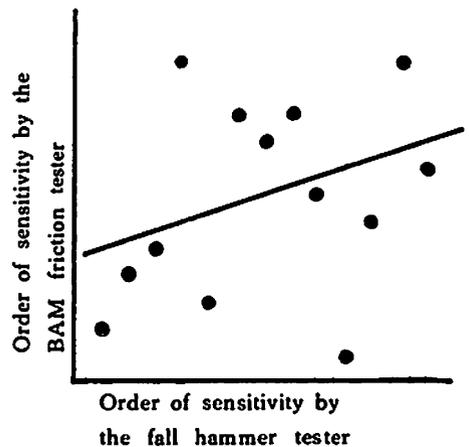


Fig. 3 Correlation between sensitivities by the BAM friction tester and the fall hammer tester

Table 7 Effect of tin foil on the impact test of explosives

Explosive	Tin foil	50% Initiation point (cm)	Standard deviation	95% Confidence limit (cm)
PETN	Yes	13.59	0.1132	12.64—14.61
	No	16.01	0.1012	14.50—17.69
RDX	Yes	19.78	0.1213	18.31—21.39
	No	19.67	0.1461	17.01—22.67

トした。相関係数はそれぞれ 0.46, 0.63, 0.32 で、振り摩擦と落ついの間には、弱い相関が認められる。しかし、振り摩擦と摩擦、摩擦と落ついの間には、ほとんど相関関係はない。

なお、今回の落つい感度試験では、すず箔を使用せず、試料を直接コロの上に置いた。渡辺等⁴⁾は落つい感度試験におけるすず箔の影響を吟味し、鋭感な爆薬では裸薬とすず箔被包薬との感度に大差ないが、鈍感な爆薬に対しては、すず箔の効果は著しく、裸薬の場合と比べて爆発率が非常に高いと言っている。

筆者等は、PETN, RDX, TNT, テトリルについてすず箔の有無の影響について実験した。PETNとRDXについては、その結果を Table 7 に示した。PETNは裸薬の方が鈍感で、RDX はほぼ同一落高であった。

TNT とテトリルはすず箔を使用した場合、測定できなかった。裸薬では、TNT は 100cm で不爆、テ

トリルは 60cm で 6 回の試行のうち 1 回分解、100cm では 3 回分解した。

落つい感度試験におけるすず箔の有無の影響は複雑で更に検討の必要がある。

4.2 種々の爆薬の感度について

PETN, RDX, HMX はいずれの感度試験法でも、比較的鋭感である。

強綿薬、弱綿薬とも振り摩擦ではあまり鋭感ではないが、強綿薬は摩擦、衝撃ともに敏感である。弱綿薬は衝撃には鋭感だが、摩擦に対してはそれ程鋭感ではない。

ダイナマイトのような膠質状のものは、摩擦感度の測定は困難である⁵⁾が、振り摩擦では測定可能で、ニトログリセリンの含量の多いものほど、鋭感に出た。

黒カーリットと 5 号黒カーリットでは、振り摩擦、摩擦ともに大きな差が見られ、黒の方が鋭感であった。

一方、落ついでには差が認められなかった。しかし、落ついで試験における黒カーリットの爆は、いずれも完爆であるのに対して、5号黒の爆は分解もかなりあった。

テトリル、コンポジションA、BおよびCは、いずれも振り摩擦ではTable 2の中位の感度であった。また、概して摩擦の方が衝撃よりも、順位が若干鋭感の側に出た。

黒色火薬は振り摩擦と摩擦には鈍感であったが、落ついでには比較的鋭感に出た。Table 3では、黒色火薬よりもTNTの方が振り摩擦で鋭感となった。しかし、Table 5では黒色火薬の方が先に発火しており、TNTよりも発火しやすいことがわかる。

5. 結論

(1) 起爆薬以外の各種火薬類について、振り摩擦試験機による発火特性をしらべ、感度の鋭感な順に列挙した。

(2) 振り摩擦試験、BAM式摩擦試験、落ついで感度試験のうち、振り摩擦試験が最も鈍感な火薬類まで測

定できることがわかった。

(3) 上記3方法による火薬類の感度の順位の相関係係では、振り摩擦と落ついでの間には、弱い相関が認められる。しかし、振り摩擦と摩擦、摩擦と落ついでの間には、相関係係は認められなかった。

文献

- 1) 蓮江和夫, 菊川俊広, 平野誠司, 小川優一, 森田 寧, 門馬達也, 中原正二, 岡崎一正: 工業火薬, 43, 83 (1982)
- 2) 蓮江和夫, 菊川俊広, 平野誠司, 小川優一, 岡崎一正, 中原正二 : 工業火薬, 43, 218 (1982)
- 3) 工業火薬協会編: 「工業火薬ハンドブック」, p. 351 (1966), 共立出版
- 4) 渡辺定五, 村口実: 工業火薬, 22, 14 (1961)
- 5) 吉宮宏彦, 玉田一: 工業火薬, 31, 157 (1970)

Pendulum Friction Tests on Some Explosives (III) Pendulum Friction Sensitivity of Some Explosives

by Kazuo HASUE*, Seiji HIRANO*, Yuichi OGAWA*,
late Kazumasa OKAZAKI*, and Shoji NAKAHARA*

Explosion sensitivity of some explosives, except primary explosives, was examined by the pendulum friction tester, and the results were compared with those by the BAM friction tester and the five kilogramme fall hammer tester. The pendulum friction tester was able to explode the least sensitive explosives of the three testing methods. There seems to exist some correlations between sensitivities of the pendulum friction tester and the fall hammer tester; however, no correlation can be found between the sensitivities of the pendulum friction tester and the BAM friction tester, as well as the BAM friction tester and the fall hammer tester.

(*National Defence Academy, 1-10-20, Hashirimizu,
Yokosuka-shi, Kanagawa-ken, 239, Japan.)