

## 競技用紙雷管の危険性評価と包装品の安全化

松永猛裕\*\*, 村永浩太郎\*\*\*, 渡辺正俊\*\*\*\*, 伊藤 葵\*\*,  
井上吉勝\*\*\*\*, 田村昌三\*\*, 吉田忠雄\*\*

競技用紙雷管の爆発危険性を評価するため、様々な実験を行った。紙雷管自身の衝撃起爆感度は非常に高く、その爆発威力はTNTの89%であった。また、実験した範囲内で緩衝材の衝撃吸収効果はポリエチレン板>鋼鉄板>オッタワサンド>段ボール板紙≒タルク≒ガラスマイクロバルーン≒川砂の順に大となることがわかった。

競技用紙雷管用中箱（100発入りの小箱が20個入る大きさ）の雷管起爆試験では、収納小箱について1個おきに緩衝用段ボール板紙の入った箱を置くことにより、包装内で伝爆しない安全な包装品にすることができた。ハイレヤーによる燃焼実験では爆発的な現象を起こさず燃焼した。米国式圧力容器試験の結果、紙雷管は密閉度が高いと激しく分解することがわかった。

### 1. はじめに

現在わが国で流通している競技用紙雷管は約0.05gの発音剤（成分：塩素酸カリウム、赤燐、硫黄及びミジンコ糊）を紙上に置いて、薄紙でおおったもので競技のスタート信号ピストルに用いられる。最近、このものの包装品の海上輸送の際の危険性の分類が問題となった。

競技用紙雷管は全国の競技会、運動会等で用いられ、海上輸送も行われる。包装の方法によっては包装内の一部で起こった爆発が包装品全体に伝爆し、被害を与える可能性がある。ここでは、包装品の中に緩衝材を挿入して伝爆を防止する方法を考察し、予備的な実験によってこの方法が有効なことを示した。また、いくつかの試験法を競技用紙雷管に適用してその危険性を評価した。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

昭和60年8月27日受理

\*「MkⅢ弾動白砲の性能と応用(XIV)」とする

\*\*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 (内線 7293)

\*\*\*日本カーリット(株)保土ヶ谷工場

〒240 横浜市保土ヶ谷区仏向町 1625

TEL 045-331-3041

\*\*\*\*日本パーオキサイド(株)

〒963 福島県郡山市谷島町 2-54

TEL 0429-44-1405

\*\*\*\*\*東海大学工学部工業化学科

〒259-12 平塚市北金目 1117

TEL 0463-58-1211

競技用紙雷管試料としてはラジエ工業(株)製の市販品（商品名：エバニュー、スタート用紙雷管）を用いた。Fig.1に試料の形態を、Fig.2にその包装状態を示す。起爆用雷管としては日本化薬(株)製の6号電気雷管と日本油脂(株)製の0号電気雷管を用いた。競技用紙雷管の大箱の点火用には日本カーリット(株)製の信号炎管（燃焼秒時5分）を用いた。競技用紙雷管の緩衝材としては厚さ5mm、縦100mm、横40mmの段ボール板紙3枚を小箱に詰め用いた。小型ギャップ試験の緩衝材としては従来用いられてきたポリエチレン板の他に段ボール板紙、軸受け円筒コロ、川砂、ガラスマイクロバルーンなどの使用を試みた。これらの規格はTable 1に記した。

#### 2.2 MkⅢ弾動白砲を用いた爆発威力試験

MkⅢG弾動白砲<sup>1)</sup>を用いてFig.3に示した装薬方法で競技用紙雷管100発（薬量約5g）の爆発威力を測定した。起爆には6号雷管を用いた。

#### 2.3 MkⅢ弾動白砲を用いた衝撃感度試験（小型ギャップ試験）

Fig.4に示した方法で径10mmの円形に切り取った競技用紙雷管10発（薬量約0.5g）を下を軸受け円筒コロでふさいだ内径12.4mmのガラス管に入れる。その上に緩衝材を重ねて、更にその上に0号雷管を置いて固定する。この試料集合体をMkⅢ弾動白砲に装填して、2kg投射物を取り付けてから0号雷管を発破器で起爆した。

#### 2.4 弾動白砲を用いない小型ギャップ試験(II)

緩衝材としてポリエチレンカードを用いた衝撃感度試験では競技用紙雷管は鋭感すぎて不爆点を調べるた

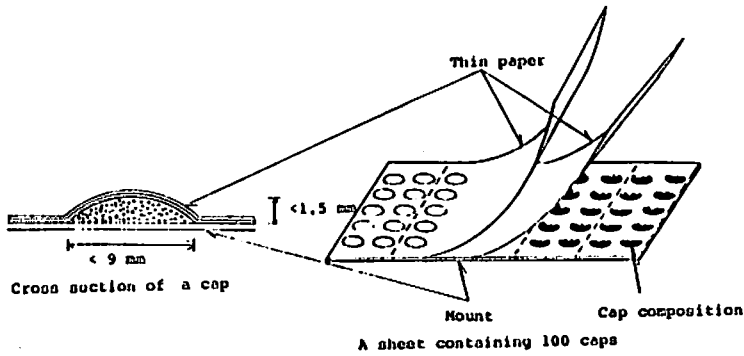


Fig. 1 Cross section and sheet of starting signal caps

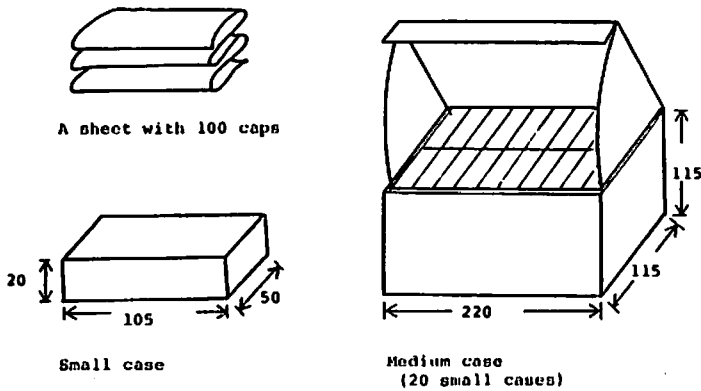


Fig. 2 Sheet and cases of starting signal caps (length in mm)

めには多数のポリエチレンカードを用いなければならない。そうするとこの試料集合体は弾動白砲孔内におさまらなくなる。

そこで、試料集合体を弾動白砲に入れないで起爆して競技用紙雷管の変化を目視して爆・不爆を判定した。

容器としてはガラス管またはカーリット包装用の薬包紙を円筒形に巻いて用いた。試料集合体を Fig. 5 に示した。紙雷管は5発を1枚ずつ円形に切って試料とした。緩衝材は円形に打ち抜くか、はさみで切って用いた。粉末緩衝材は流し込んで長さを測定した。後で示

Table 1 Specification of shock absorbing materials

Name	Abbreviation	Description
Single wall corrugated board	C.B.III	5 mm thick
Single wall corrugated board A/F	C.B.AF	5 mm thick
Double wall corrugated board AB/F	C.B.AB	6.5 mm thick
Double wall corrugated board AA/F	C.B.AA	7 mm thick
Polyethylene card	P.E.C.	2 mm thick
Bearing roller	B.R.	12 mmφ x 12 mm
Glass micro balloon	G.M.B.	50 μφ
Ottawa sand	O.S.	
River sand	R.S.	
Talc powder	T.P.	300 mesh pass

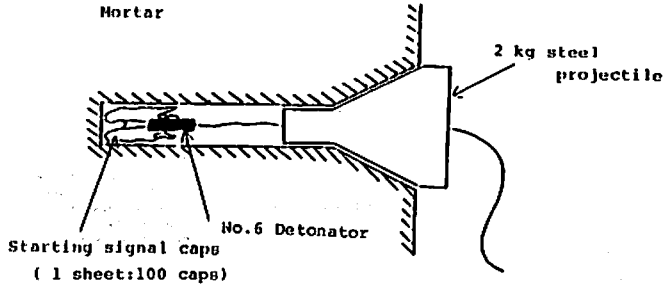


Fig. 3 Outline of the Mk III ballistic mortar installation charged with a sheet of the starting signal caps

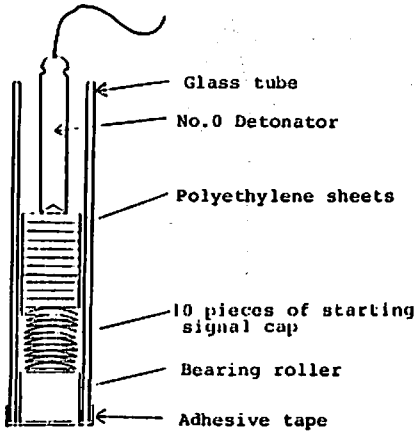


Fig. 4 Test sample assembly for the small gap test using Mk III ballistic mortar

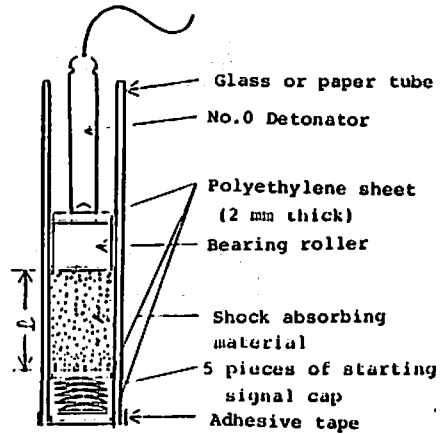


Fig. 5 Cross section of the sample assembly for small gap test (II)

されるようにポリエチレンカードおよび鋼鉄円筒コロの緩衝効果は小さいので、0号雷管の先端から出るジェットの効果を消し、円筒コロの損傷を防ぐため、雷管の先端にはポリエチレンカードと円筒コロ各1個を置いた。ちなみに0号雷管の先端から出るジェットで貫通するポリエチレンカード枚数は4枚で8mmである。

#### 2.5 競技用紙雷管入り小箱および中箱の殉爆実験 競技用紙雷管 100 個入り小箱の間に両面 3 種段ボー

ル板 (40mm×100mm×5mm) 3枚をはさみ、6号雷管で1箱を起爆して他の小箱への殉爆の有無を観察した。次に紙雷管小箱と紙雷管の代わりに3枚の同じ段ボール板紙を入れた小箱を交互にそれぞれ10箱入れた中箱を用意し、6号雷管で箱の側面から起爆し、小箱の殉爆状況を観察した。

#### 2.6 競技用紙雷管中箱の燃焼試験

競技用紙雷管 100 個の入った小箱20箱を収容した段ボール箱 (中箱) の下部に 2 cm のところから信号用

Table 2 Small gap test results of the starting signal gap (0.5 g composition)  
Gap material : polyethylene sheets

Gap [mm]	Net swing length [mm]	B' [% of TNT]
40	12	80
60	10	67
80	11	73
110	12	80

炎管（商品名：ハイフレイヤー）の炎を5分間当てた。

## 2.7 圧力容器試験

アメリカ型圧力容器試験機<sup>3)</sup>を用いて競技用紙雷管1枚、即ち100発分（薬量約5g）の試験を行った。1枚の全体の重量は9gであった。1枚を折れ目に沿って丸め筒状にしてカップに差し込んで、オリフィス板および破裂板を取り付けて試験を行った。破裂板の破裂圧力は5.9kg/cm<sup>2</sup>、100℃から200℃までの平均昇温速度は30℃/minであった。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 爆発威力

競技用紙雷管100発と6号雷管1本の爆発によるMk III G 弾動臼砲の振れ幅は165mmで6号雷管1本のみによる振れ幅30mmを差し引くと紙雷管100発の爆発による正味振れ幅は135mmとなった。これはTNT

5gの正味振れ幅151mmと対比させることができ、この紙雷管の発着剤の静的威力はTNTの89%と計算された。

### 3.2 Mk III 弾動臼砲を用いた小型ギャップ試験

競技用紙雷管10発を用いた小型ギャップ試験の結果をTable 2に示す。B'はTNTを100%とした相対的な爆発威力である<sup>4)</sup>。ギャップ長を110mmにしても紙雷管は爆発することが示され、この方法では紙雷管は不爆となるギャップ長を求めることができなかった。

### 3.3 Mk III 弾動臼砲を用いない小型ギャップ試験 (II)

小型ギャップ試験 (II) の結果をTable 3及びFig. 6に示す。これらの結果から0号雷管より発せられる衝撃波の伝播効果は介在する物質の種類によって変わることがわかる。衝撃吸収効果はポリエチレン<鋼鉄

Table 3 Small gap test ( II ) results for the starting signal cap

Gap Material	Tube Material	Gap [mm]	Explosion (o) or No Explosion (x)
P.E.C.	glass	150	o o o o o
	"	300	o o o o o
C.B. III 3 mm thick (compressed) or 5 mm thick (original) +1 P.E.C. + 1 B.R.	glass	30*	x x x x x
	"	15*	o o x x x
	paper	12	x x x x x
	"	8	x x x x x
C.B. AF 2.6 mm thick (compressed) or 5 mm thick (original) +1 P.E.C. + 1 B.R.	"	4	o o o o o
	paper	13*	o o o o o
	"	26*	o o o o o
	"	52*	x x x x x
C.B. AB 5.5 mm thick (compressed) or 6.5 mm thick (original) + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	39*	x x x x x
	"	10	o o o o o
	paper	26	x x x x x
C.B. AA 7 mm thick + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	13	x x x x x
	"	11*	o o o o o
	paper	14	x x x x x
	"	7	x x x x x
B.R. 12 mm x 12 mm thick	"	5	o o o o o
	paper	252	x x x x x
	"	132	x x x x x
	"	72	o o o o o
	"	96	o o o o o
G.M.B. + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	120	o o o o o
	glass	132	x x x x x
	paper	20	x x x x x
O.S. + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	10	x x x x x
	"	5	o x x x x
	paper	20	o o o o o
R.S. + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	30	o o o o x
	"	40	x x x x x
	paper	20	x x x x x
T.P. + 1 P.E.C. + 1 B.R.	"	10	x x x x x
	"	5	x x x x x
	paper	10	x x x x x
	"	5	o o o o o

\* : Compressed corrugated board was used.

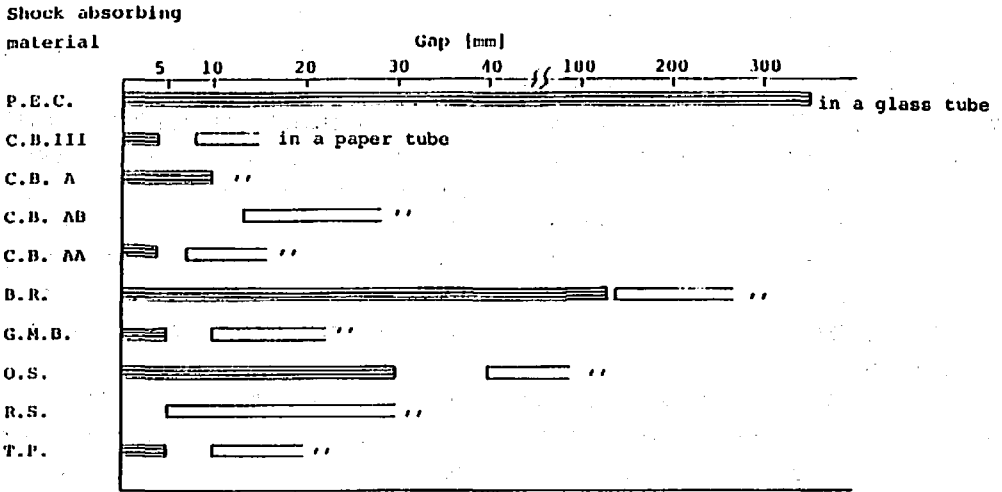




Fig. 6 Shock absorbing of materials

 : Explosion  
 : No explosion

くオッタワサンドく段ボール板紙ニタルクニガラスマイクロバルーンニ川砂の順に大となっていることがわかる。段ボール板紙は雷管の爆発衝撃を吸収するのに有効であるが、圧縮するとその衝撃効果は著しく減少することが Table 3 に示された結果からわかる。軸受け円筒コロを用いた実験から、試料容器として用いる材質としてガラスと紙では差のないことが示されている。

以上の結果から段ボール板紙や川砂が殉爆防止の緩衝材として有効であり、また超高感度物質の小型ギャップ試験のギャップ材としてポリエチレンカードは不適當で、ガラスマイクロバルーン、オッタワサンド、タルクなどが使える可能性のあることがわかる。

#### 3.4 競技用紙雷管入り小箱および中箱の殉爆実験

実験結果を Table 4 に示す。小箱内の紙雷管は 6 号雷管で完全に起爆される。2 つの小箱の間に 3 枚の段ボール板紙をはさんで一方を 6 号雷管で起爆すると他方は殉爆する。しかし、次に 3 枚の段ボール板紙をはさんで小箱を置くと中の紙雷管は爆発せず、ただ部分的に燃えるだけとなる。この小箱を 1 つおきに段ボール板紙 3 枚を入れた小箱にはさんで段ボール製の中箱に入れて 6 号雷管で外から起爆すると、2 箱が爆発し、2 箱ないし 3 箱が燃えるだけで他は爆発も燃焼もせずに残った。競技用紙雷管の取り扱い中には、6 号雷管のような強い起爆は他の爆薬と混在させないかぎり考えられないので、実験 4 および 5 で用いたような包装法をとれば包装品全体の爆発は防ぐことができるであろう。本安全包装品の国連方式による危険度分類は国

連危険物輸送専門家委員会では採用された試験法<sup>6)</sup>を適用して行うことができる。

#### 3.5 競技用紙雷管中箱の燃焼実験

緩衝材を入れない小箱 20 個を収納した段ボール中箱の下部側面に 2 cm 離れたところから燃焼時間 5 分のハイフレヤーの炎を当てた。30 秒後に紙雷管の一部が燃えだしたが爆発的な燃焼は見られなかった。これは過去における著者らのクラッカーボールおよび平玉の燃焼実験の経験<sup>4)</sup>とも一致する現象であった。

#### 3.6 競技用紙雷管 1 枚 (100 発入り、薬量約 5g) の圧力容器試験

試験結果を Table 5 に記す。圧力容器試験の結果は紙雷管は密閉度の高い状態で外部加熱を受けるとかなり激しく分解することを示している。

#### 4. まとめ

- (1) 競技用紙雷管 1 発 1 発はかなり感度の高い部品である。しかし、これはピストルの撃鉄の打撃によって確実に爆発するための必要な感度である。
- (2) 競技用紙雷管程度の超高感度物品の衝撃感度は適当な緩衝材を用いた小型ギャップ試験 (II) で測定できる可能性を見出した。
- (3) 実験した範囲内で緩衝材の衝撃吸収効果はポリエチレン板く鋼鉄柱くオッタワサンドく段ボール板紙、タルク、ガラスマイクロバルーン、川砂の順に大なることがわかった。
- (4) 競技用紙雷管の発音剤の静的爆発威力は TNT の 89% であった。
- (5) 競技用紙雷管用小箱に 3 枚の両面 3 種段ボール板

**Table 4 Results of the sympathetic explosion test for starting signal paper caps in cardboard cases**

Run No.	Test arrangement and Results	
1		Two cases exploded.
2		Two cases exploded, one burned.
3		Two cases exploded, two burned.
4		Two cases exploded, two burned.
5		Two cases exploded, three burned.
6		One cases exploded, no burned.

: exploded ,                      : burned ,  
 : not affected ,                      : case with 3 corrugated boards ,  
 : no.6 detonator .

**Table 5 Results of the pressure vessel test for starting signal caps (5g composition)**

Orifice diameter Rupture (o) or no rupture (x)

[mm]	
10	o
12	o <sup>1)</sup>
14	x <sup>2)</sup> x <sup>3)</sup> o <sup>4)</sup>
16	x <sup>3)</sup> o
18	o
20	x <sup>2)</sup> o

PVL<sub>D</sub> 20 mm

- 1) Ejected caps burned outside the vessels.
- 2) Flame was ejected from the nozzle.
- 3) The rupture disk swelled.
- 4) Unburnt caps was ejected.

紙を入れ、この緩衝用小箱を1つおきに紙雷管小箱の間に配置することによって包装内で伝爆しない安全な包装品とすることができた。

- (6) 競技用紙雷管の集合体は密閉度の高い状態で外部から間接的に加熱されるとかなり激しく分解する。
- (7) 通常の包装品をハイフレヤーの炎で加熱すると爆発的な現象を伴わずに燃焼する。

#### 文 献

- 1) 村永浩太郎, 松永猛裕, 田村昌三, 安部陸幸, 吉田忠雄, 「MkⅢ弾動白砲の性能と応用(X) —弾動白砲を用いた爆発性物質の衝撃感度の測定法」, 工業火薬, 46, 162 (1985)
- 2) 松永猛裕, 村永浩太郎, 伊藤葵, 田村昌三, 吉田忠雄, 「MkⅢ弾動白砲の応用(XI) —小型ギャップ試験法による高感度物質の衝撃感度測定法」, 工業火薬, 印刷中, (1985)
- 3) 吉田忠雄編, 「化学薬品の安全」, p. 142, 大成出版 (1982)
- 4) 松永猛裕, 村永浩太郎, 藤持勇, 安部陸幸, 田村昌三, 吉田忠雄, 「MkⅢ弾動白砲の性能と応用(VI) —MkⅢ弾動白砲の特性—」, 工業火薬, 46, 64 (1985)
- 5) 新井充, 大内博史, 伊藤葵, 吉田忠雄, 細谷文夫, 勝俣克己, 水島容二郎, 細谷政夫, 「カラッカーボール, 平玉及び発煙ゴルフボールの落下, 打撃及び燃焼実験」, 火薬と保安, 14, (3), 18 (1982)
- 6) Committee of Experts on the transport of Dangerous Goods, Group of Experts on Explosives, "Report of the Group of Experts on Explosives on Its Twenty-Fourth Session, 6-10 August 1984, United Nations Secretariat, ST/SG/AC.10/C.1/12/Add.1", p. 146-156 : p. 166-167 (1984)

## Hazard Evaluation and Safety Packaging of Starting Signal Caps

by Takehiro MATSUNAGA\*, Kotaro MURANAGA\*\*, Masatoshi WATANABE\*\*\*,  
Mamoru ITO\*, Yoshikatsu INOUE\*\*\*\*, Masamitsu TAMURA\*  
and Tadao YOSHIDA\*

Experimental hazard evaluations of starting signal paper caps were carried out using various test methods and a safety packaging method was devised. The paper cap itself was very sensitive to the shock from a no. 0 blasting cap and its power of explosion obtained from a MKⅢ ballistic mortar test was 89% of TNT.

The shock absorbing effects of tested materials were measured using the small gap test method (II) and are shown in the following order:  
polyethylene cards < steel roller < ottawa sand < corrugated board  $\approx$  talc powder  $\approx$  glass micro balloon  $\approx$  river sand.

Small cardboard cases containing 100 caps each and the same cases each of which contained no cap but 3 sheets of corrugated board were alternately placed in a medium cardboard case and initiated by a no. 6 detonator on the side. Only few small cases near the detonator exploded and burnt and others were left without reaction. A medium case containing 20 small cases with 100 caps each was ignited by a signal flare, and it burnt without any explosive effect. Results of the US pressure vessel test for one sheet of caps containing 5 g explosives in total showed rather violent reaction under the confinement.

(\*Department of Reaction Chemistry, Faculty Engineering,

University of Tokyo, 7-3-1 Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

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

\*\*\*Nippon Peroxide Co., Ltd., 2-54 Tanishima-cho  
Koriyama-shi, Fukushima 963

\*\*\*\*Department of Engineering Chemistry, Faculty of Engineering,  
University of Tokai, 1117 Kitakaname, Hiratsuka-shi 259-12)