

煙火の星及び星組生物の安全に関する研究(Ⅱ)

—モデル星及び星剤の雷管起爆試験及び小ガス炎着火性試験—

矢橋英郎*, 細谷文夫**, 和田有司*

劉 榮海***, 田村昌三*, 吉田忠雄*

煙火の星成型体に衝撃感度試験と着火性試験を試み、その結果を煙火の星の組成物粉末のものと比較した。特に衝撃感度に関しては雷管起爆試験を適用し落球試験との相関をみた。衝撃感度、着火性ともに星成型体は星の粉末よりも安全になっていることが分かった。

1. はじめに

筆者らは先に煙火の星粉末について、落球式打撃感度、摩擦感度、着火性及び熱感度の測定を行った¹⁾。しかし、これらの結果は粉末についての実験結果であり、星そのものの性質ではない。ここでは星(星成型体)そのものについて衝撃感度試験と着火性試験を行い、星粉末の感度との比較を行った。特に衝撃感度については雷管起爆試験(Ⅰ及びⅡ)を採用して、衝撃によって星成型体及び星粉末剤が着火する限界を測定し、落球式打撃感度試験法との比較も行った。

2. 実験

2.2 試料

実験に用いた星成型体及び星粉末は前報¹⁾に用いた物と同じ組成のものである。星成型体の質量は0.5~0.6gで星成型体の直径は8.4~9.6mmであった。0, 1, 2, 3及び6号雷管は日本化薬製のものを用いた。

2.2 試験装置

2.2.1 雷管起爆試験(Ⅰ)

雷管起爆試験(Ⅰ)は星など成型された燃焼性物品に適用するよう考案されたもので、雷管の種類を変えて試料を起爆し、試料が発火する限界を調べて感度を求める方法である。これは従来の小型ギャップ試験の拡張とみることができる²⁾。図1と図2の(a)及び(b)

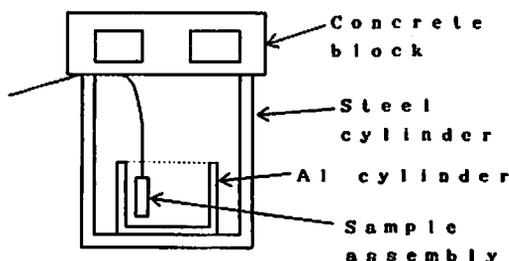


Fig. 1 Cylinders for the detonator initiation test (Ⅰ and Ⅱ)

を装置として用いた。

実験は図1に示す鉄製ならびにアルミニウム円筒内で行った。

2.2.2 雷管起爆試験(Ⅱ)

雷管起爆試験(Ⅱ)は煙火原料などの燃える粉末薬剤の衝撃感度試験として考えたもので雷管の種類を変えて試料を起爆し、試料が発火する限界を調べて感度を求める方法である。図1及び図3を装置として用いた。

2.2.3 小ガス炎試験

消防法危険物第2種(可燃性固体)の試験法²⁾にしたがって着火性試験を行った。点火具(商品名ガスマッチ)を用いて星に点火し、発火するまでの時間を記録した。

2.2.4 鉄-セリウム火花試験

着火性の高い物品の着火性を調べるためにBAMの方法³⁾を改良し、アセチレン点火具(商品名ROCK)を用いた着火性試験⁴⁾を行った。

2.3 実験手順

2.3.1 雷管起爆試験(Ⅰ)

昭和63年8月8日

*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.7291)

**細谷火工鋳技術開発センター
〒197 秋川市菅生大沢 1874
TEL 0425-59-2578

***華東工学院化学工程系
中国南京孝陵衛 200号

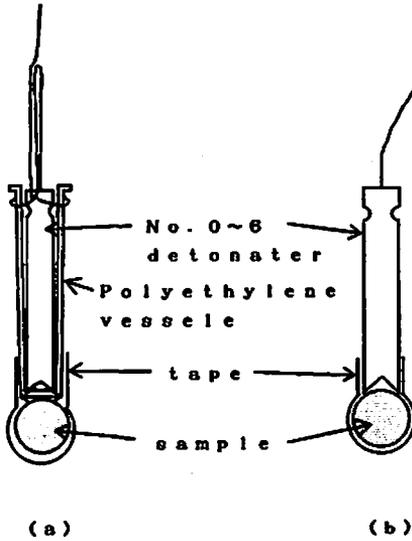


Fig. 2 Sample assemblies for the detonator initiation test (I)

0, 1, 2, 3及び6号雷管をポリエチレン筒にいれ、ポリエチレン筒の底にセロテープで星成型体を取りつける(図2, a)。出来上がった試料体をアルミニウム筒の中につらし、アルミニウム筒ごと鉄管の中に入れる(図1)。鉄管はコンクリートブロックでふたをし、離れた場所から雷管を起爆し星粉末の発火による火の有無を見る。さらに、アルミニウム筒の中の残分を紙の上に取り出し、点火具で点火して燃える星粉末が残っているかどうかを調べる。

0, 1, 2, 3及び6号雷管について試験して、発火する限界の雷管号数を調べる。

また比較のため図2, bに示すように星成型体を雷管の底に直接接触させた実験も行った。

2.3.2 雷管起爆試験(II)

ポリエチレン筒の底がちょうど入る太さのビニールチューブにポリエチレン筒を底から差込み、逆さまに置く。星粉末0.5gを秤りとり、ビニールチューブにいれ、ビニールチューブは紙でふたをする。ポリエチレン筒の中に0, 1, 2, 3及び6号雷管をいれ図3のような試料集合体を作る。

雷管起爆試験(I)と同じ方法で起爆し、0, 1, 2, 3及び6号雷管を挿入し、発火する限界の雷管号数を調べる。

3. 結果と考察

表1に雷管起爆試験(I)、表2に雷管起爆試験(II)の結果を示した。表3に小ガス炎試験及び鉄-セリウム火花試験の結果を示した。

3.2 星成型体と星粉末の衝撃感度の比較

球状の星成型体に対する起爆限界雷管の号数を星粉

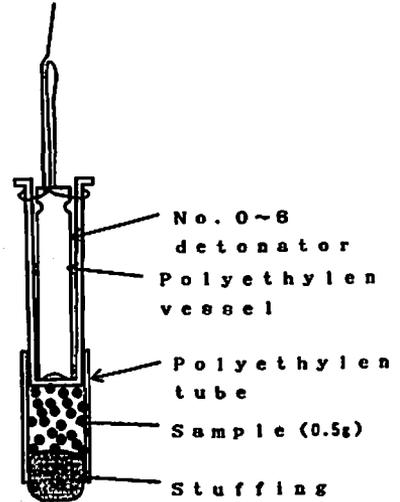


Fig. 3 Sample assembly for detonator initiation test (II)

末に対する起爆限界雷管に対してプロットしたのが図4である。中抜き記号(○, □, △)のものは星成型体、星粉末ともに0.8mmのポリエチレン筒の底を介して起爆した結果で粉末のものの方が星成型体と比べて添装薬量で0.4~0.5gに相当するだけ鋭感である。

3.3 星(成型体)の起爆に対するプラスチック筒底の衝撃効果

(●, ■, ▲)のものは星成型体をポリエチレン筒の底を介さず直接雷管に接触させて起爆した結果である。0.8mmのポリエチレン筒の底の存在によって星の起爆限界雷管の添装薬量は0.45~0.55g多く必要とするようになることが図4から推測される。

3.4 星(成型体)の感度序列

本実験の範囲では星の感度序列はキラキラ星>緑光星>金色星>紅色星>青色星の順序となる。そして、星粉末との間には感度にある程度の相関があることが示されている。

3.5 落球試験との比較

落球試験では星粉末の感度は $\log E_{50}$ とその σ で表して、キラキラ星(-0.73±0.10)、緑光星(-0.67±0.08)、金色星(-0.66±0.11)、紅光星(-0.73±0.08)、及び青色星(-0.63±0.19)であった¹⁾。これらはバラツキの範囲内で測定値に有意差の無いことを示している。すなわち、ここで試験を行った星粉末の感度は差が小さく、これら二つの試験法では有意差を見つけることが難しいことを示している。

一方、他の物質との感度比較では落球試験では試験した星粉末はTNTよりかなり高感度であり、雷管起爆試験ではTNTよりずっと低感度であることにな

Table 1 Results of the detonator initiation test (I)
of star compositions (powder 0.5g)

compositions	gap	detonator	fire on initiation	burning of residue
Red	0.8mm	No. 6	no	yes
"	0.8mm	No. 1	no	yes
"	0.8mm	No. 2	yes	no
Blue	0.8mm	No. 1	no	yes
"	0.8mm	No. 2	no	yes
"	0.8mm	No. 3	no	no
Gold	0.8mm	No. 0	no	yes
"	0.8mm	No. 1	yes	no
Green	0.8mm	No. 0	no	yes
"	0.8mm	No. 1	yes	no
Twinkling	0.8mm	No. 0	no	yes
"	0.8mm	No. 1	yes	no

Table 2 Results of the detonator initiation test (II) the stars (ball 0.5~0.6g)

star	test type	gap	detonator	fire on initiation	burning of residue
Red	a	0.8mm	No. 0	no	yes
"	a	0.8"	" 0	no	yes
"	b	0.0"	" 0	no	yes
"	b	0.0"	" 1	yes	no
"	a	0.8"	" 1	no	yes
"	a	0.8"	" 2	no	yes
"	a	0.8"	" 3	no	yes
"	a	0.8"	" 6	yes	no
Blue	b	0.0mm	No. 0	no	yes
"	b	0.0"	" 1	no	yes
"	b	0.0"	" 2	no	no
"	a	0.8"	" 3	no	yes
"	a	0.8"	" 6	yes	no
Gold	b	0.0mm	No. 0	no	yes
"	b	0.0"	" 1	yes	no
"	a	0.8"	" 1	no	yes
"	a	0.8"	" 2	no	yes
"	a	0.8"	" 3	no	yes
"	a	0.8"	" 6	yes	no
Green	b	0.0mm	No. 0	yes	no
"	a	0.8"	" 3	no	yes
"	a	0.8"	" 6	yes	no
Twinkling	b	0.0mm	No. 0	no	yes
"	b	0.0"	" 1	yes	no
"	a	0.8"	" 1	no	yes
"	a	0.8"	" 2	no	yes
"	a	0.8"	" 3	yes	no

Table 3 Results of the small gas flame and celium-iron spark tests for ball star

star		time to ignition in sec (small gas flame)	number of sparks to ignite (celium-iron spark)
Red	1	21	
	2	-	
	3	-	
	av.	21	20 (not ignite)
Blue	1	11	
	2	13	
	3	11	
	av.	11.7	20 (not ignite)
Gold	1	9	
	2	16	
	3	8	
	av.	11	20 (not ignite)
Green	1	36	
	2	50	
	3	46	
	av.	44	20 (not ignite)
Twinkling	1	5	
	2	7	
	3	7	
	av.	6.3	20 (not ignite)

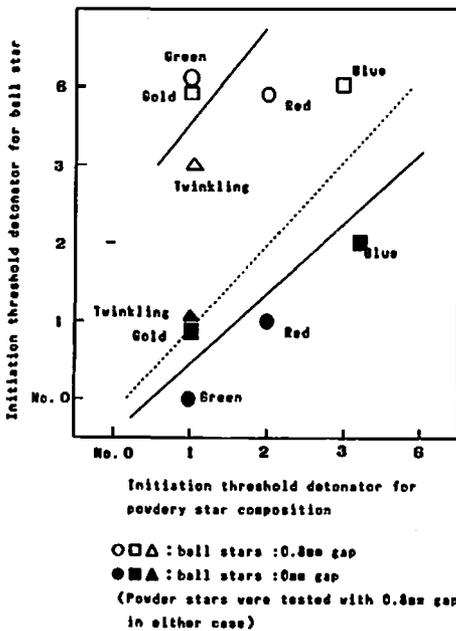


Fig. 4 Plot of initiation threshold detonator for ball star vs. that for powdery star composition

る²⁾。これは落球試験が煙の発生で爆・不爆を判断し、雷管起爆試験(I及びII)が燃焼の有無で判断したこと

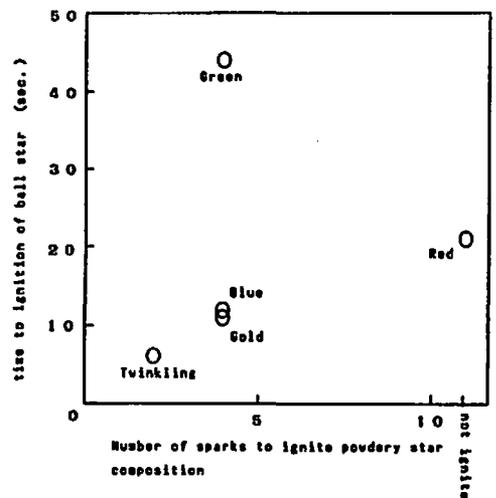


Fig. 5 Plot of time to ignite ball star in the small gas flame test vs. number of sparks to ignite powdery star composition in the iron-celium sparks test

によるものと思われる。落球試験による煙の発生だけでは与えられた衝撃によって部分的な分解は起こってもその後の燃焼の持続にまで続かないものと思われる。したがって、星粉末の危険性評価のためには雷管起爆

試験の方が信頼性が高いものと思われる。

3.6 星粉末と星成型体の着火性の比較

星粉末の着火性はかなり高く鉄-セリウム火花試験で着火するが、星成型体そのものは鉄-セリウム火花試験では着火しない。また、星粉末は小ガス炎試験では瞬時に着火してしまう。したがって、同じ試験法では試験できない。星剤と星そのもののそれぞれ別の試験法を用いた着火性の相関を図5に示した。緑光星を除いては星成型体と星粉末の着火性には相関がみられる。緑光星は星成型体そのものの着火性が異常に小さい。

4. まとめ

星粉末及び星成型体に衝撃感度試験、着火性試験を試みた結果、ともに成型体の方が粉末よりも鈍感でありより安全になっていることがわかった。

文 献

- 1) 和田有司, 矢橋英郎, 細谷文夫, 吉沢二千六, 田村昌三, 吉田忠雄, 「煙火の星及び星組成物の安全性に関する研究(1)モデル星組成物の打撃感度, 着火性, 摩擦感度及び安定性」, 工業火薬投稿中
- 2) 吉田忠雄, 田村昌三編, 「反応性化学物質と火工品の安全」, 大成出版社(1988)
- 3) H. Koenen, K. H. Ide and K. H. Swart, "Sicherheitstechnische Kenndaten explosionsfähigen Stoffe", *explosivstoffe*, 9, 4, 30(1961)
- 4) 松永猛裕, 村永浩太郎, 伊藤 葵, 蔵持 勇, 田村昌三, 吉田忠雄, 「Mk III 弾動白砲の性能と応用(IV), 弾動白砲を用いた小型ギャップ衝撃感度試験」, 工業火薬, 46, 327(1985)

Studies on the safety of Stars and Star Compositions in Fireworks(II)

—Detonator Initiation Test and Small Gas Flame Test—

by Hideo YABASHI*, Fumio HOSOYA**, Yuji WADA*,
Liu Rong Hai***, Masamitsu TAMURA*, Tadao YOSHIDA*

Several test methods were applied to 5 fire work stars. As the results, it was found the star compositions are more sensitive than stars in impact and flame sensitivity, and the order of sensitivity is twinkling \approx green $>$ gold $>$ red $>$ blue.

(*Department of Reaction Chemistry, Faculty of Engineering, Tokyo University,
Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

**Technology Development Center, Hosoya Fireworks co., Ltd., 1847 Osawa,
Akikawa city, Tokyo 197, Japan

***Chemical Engineering Department, East China Institute of Technology, 200
Xiao, Ling Wei, Nanjing, China)