

消火用ガス発生器 について

2013(平成25)年 12月 5日

日本工機株式会社

1. 経緯

当該火工品は、総合資源エネルギー調査会高圧ガス及び火薬類保安分科会火薬部会火工品検討小委員会により、安全性が確認され、100gサイズ以下について、経済産業省の告示にて、火薬類取締法の適用を受けない火工品に指定されている。(H21.7.28)

当時、火工品安全性評価試験は、適用除外薬量として、500g以下を視野に入れていたため、電気点火式については薬量が500gサイズ、撃針点火式については薬量が100gサイズを用いて実施している。

本資料は、電気点火式及び撃針点火式の薬量を500gまで拡大し、適用除外の適用範囲を広げるための試験結果を説明するものである。

2. 使用される火薬類（その1:火薬類取締法）

当該火工品に使用される火薬類の成分と割合は、次の通りです。

区分		成分と割合		形状	薬量
火薬	点火薬 法第2条第1項第1号のイ 硝酸塩を主とする火薬	硝酸カリウム	75 %	粉状	モデル毎に 第5項に 記載
		ジシアンジアミド	16 %		
		添加剤(樹脂)	9 %		
	ガス発生剤 法第2条第1項第1号のイ 硝酸塩を主とする火薬	硝酸カリウム	75 %	柱状	
		ジシアンジアミド	16 %		
		添加剤(樹脂)	9 %		
爆薬	起爆薬 法第2条第1項第2号のイ	スチフニン酸鉛(トリシネート)、 テトラセン、硝酸バリウム、三硫 化アンチモン、バインダー		—	

爆薬(起爆薬)は、撃針点火式のみ

2. 使用される火薬類（その2:国連勧告）

危険物輸送に関する国連勧告のクラス(区分)及びUNナンバーは、次の通りです。

Transportation Classification:

- Classification code: 4.1
 - UN Identification #: UN 3178
 - Packaging group: PGIII
- Flammable solid,
inorganic, n.o.s.

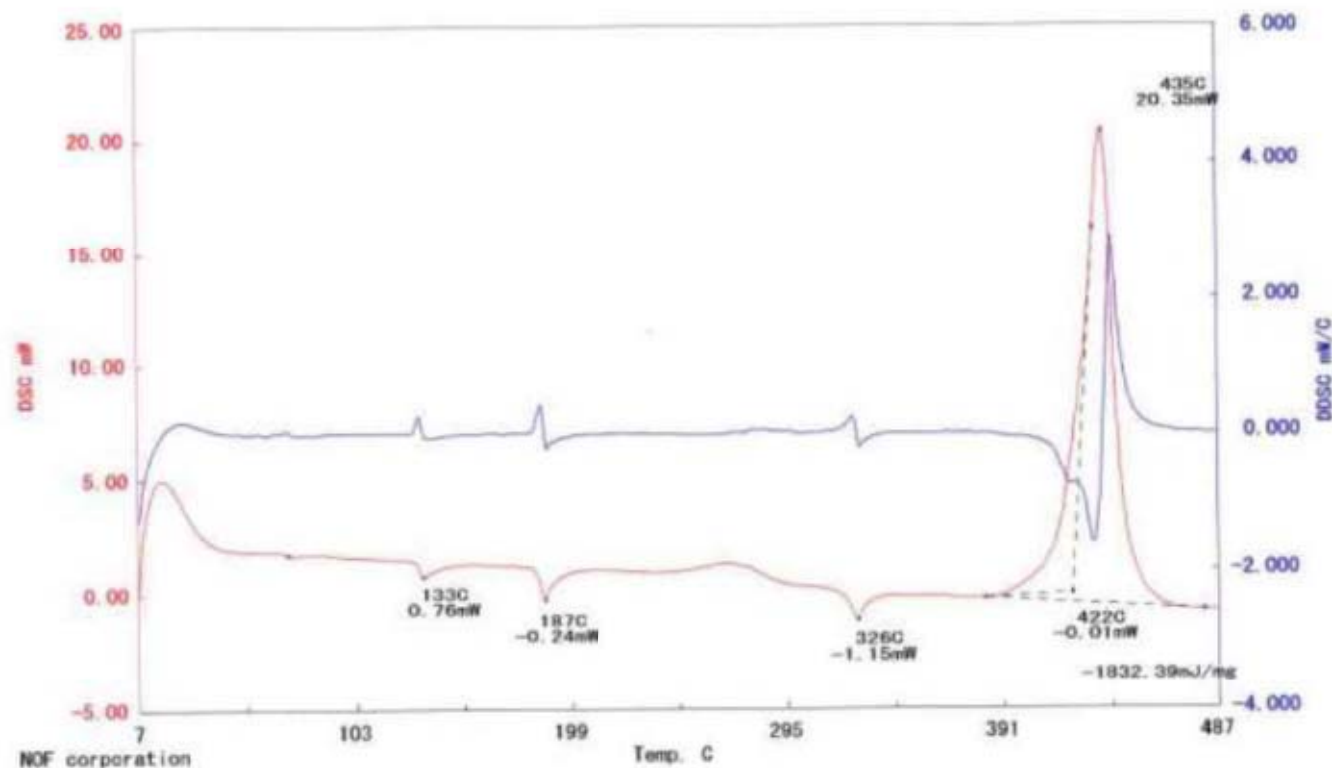
国連分類: クラス4. 1

国連番号: 3178 [その他の可燃性物質(無機物)(固体)]

容器等級: III [低い危険性を有するもの]

3. ガス発生剤の熱分析

当該火工品に使用されるガス発生剤の発熱開始温度(発火温度)は、
下図の通り422℃です。



133℃は硝酸カリウムの結晶転移、326℃は硝酸カリウムの融解に伴う吸熱ピークです。

187℃は材料(三味)が混合されたガス発生剤でのみ現れる吸熱ピークです(材料単体では現れない吸熱)。

4. 燃焼生成物

ガス発生剤の燃焼による生成物(固体、ガス)は、下表の通りです。
ガス発生剤の約70%が固体、約30%がガスとなります。
固体の約70%の内、約30%が容器内に残り、残りの40%が容器外に放出されます。 生成ガスの実測値は、次ページに示します。

Compound: (particulate)

% Original Mass

Particulate captured within generator housing during discharge/cooling	30.00
K ₂ CO ₃	22.08
KHCO ₃	3.280
KNO ₂	3.160
Other potassium compounds	2.200
NH ₄ HCO ₃	9.280

Compound: (gas carrier)

N ₂	21.93
H ₂ O	6.550
CO ₂	1.361
CO	0.097
NH ₃	0.041
NO	0.001
NO ₂	0.002
HCN	0.006
Other	Trace

Total

100.00

4. 燃焼生成物(ガス)

当該火工品は、工作機械(加工室)や機関室等の、通常、人と隔離された空間に用いられます。

ガス発生剤の燃焼による生成ガスと実測濃度(15min TWA)は、下表の通りです。

実測値(15min TWA)は、IDLH(30分間暴露の最大値)を大きく下回っており、人体への安全性は高いと言えます。

人体影響区分	ガスの名称	ガスの化学式	15min TWA ※1 [ppm]	IDLH ※2 [ppm]
窒息性ガス	一酸化炭素	CO	85	1200
	シアン化水素	HCN	5	50
刺激性ガス	二酸化窒素	NO ₂	1	20
悪臭ガス	アンモニア	NH ₃	59	300
その他	一酸化窒素	NO	1	100
	窒素酸化物(NO+NO ₂)	NO _x	2	120
	二酸化炭素	CO ₂	756	40000
	メタン	CH ₄	8	設定なし

※1. 100 ft³ tank testing of Stat-X Fire Suppressant Units, Talley Defense Systems, 1999
Results calculated at 100g/m³ density
Time Weighted Average 時間加重平均

※2. Immediately Dangerous To Life or Health

米国立労働安全衛生研究所(NIOSH)による30分間暴露の最大値

4. 燃焼生成物(固体)

ガス発生剤の燃焼による生成固体と割合は、下表の通りです。

固体の名称	固体の化学式	固体の割合 [%]
炭酸カリウム	K_2CO_3	55.2
炭酸水素アンモニウム	NH_4HCO_3	23.2
炭酸水素カリウム	$KHCO_3$	8.2
亜硝酸カリウム	KNO_2	7.9
その他 カリウム塩	—	5.5
		100.0

4. 燃焼生成物(固体)

ガス発生剤の燃焼による生成固体の毒性情報は、下表の通りです。

固体の名称	固体の化学式	許容濃度	急性毒性
炭酸カリウム	K_2CO_3	ACGIH※ TWA $10mg/m^3$	ラット LD50 : $1870mg/kg$
炭酸水素アンモニウム	NH_4HCO_3	データなし	マウス LD50 : $245mg/kg$
炭酸水素カリウム	$KHCO_3$	データなし	ラット LD50 : $>2000mg/kg$
亜硝酸カリウム	KNO_2	データなし	ウサギ LD50 : $235mg/kg$

※ American Conference of Governmental Industrial Hygienists(米国産業衛生専門家会議)

許容濃度は、時間加重平均(TWA: 作業員が通常1日8時間, 週40時間での許容値)

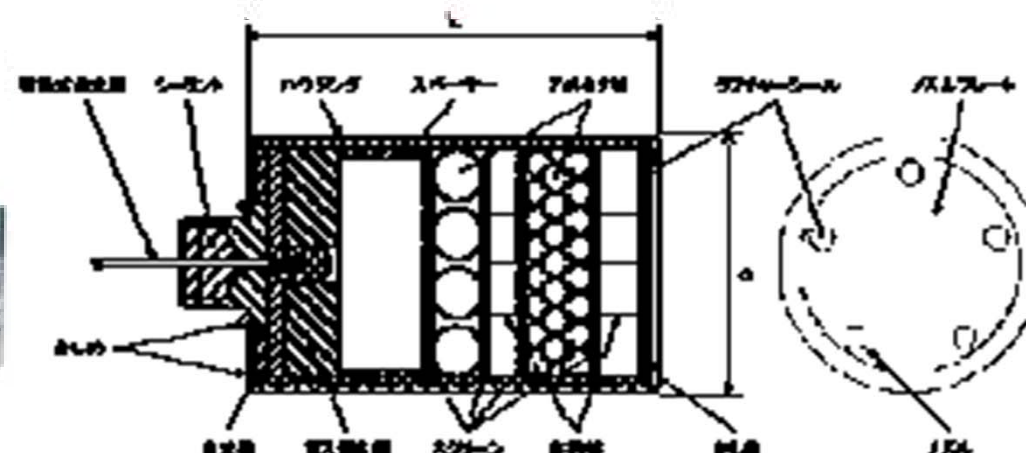
5. 構造（電気点火式）

モデル			30 E	60 E	100 E	250 E	500 E
寸法	D	[mm]	51	51	76	127	127
	L	[mm]	74	107	121	132	180
質量		[kg]	0.3	0.4	0.9	2.2	2.9
点火薬（基準）		[g]	0.25	0.25	1.1	3.0	3.0
ガス発生剤（基準）		[g]	30	60	100	250	500

※ 250E (250gタイプ) のガス発生剤の薬量は $250 \pm 1g$ 、500E (500gタイプ) のガス発生剤の薬量は $500 \pm 2g$ である。



前列左側から、500E, 60E, 100E, 30E, 250E



構造は、どのモデルも同一である。寸法、薬量、ノズルは、サイズ毎に異なる。また、外殻はステンレススチール製であり、内部の火薬類を容易に取り出せない構造である。

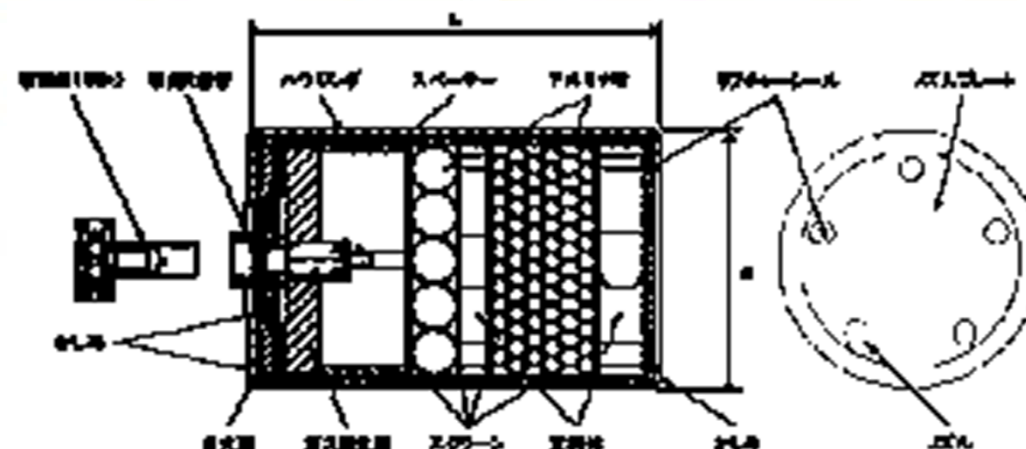
5. 構造 (撃針点火式)

モデル			30 T	60 T	100 T	250 T	500 T
寸法	D	[mm]	51	51	76	127	127
	L	[mm]	74	107	121	132	180
質量		[kg]	0.3	0.4	0.9	2.2	2.9
起爆薬 (基準)		[g]	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
点火薬 (基準)		[g]	0.25	0.25	1.5	2.5	2.5
ガス発生剤 (基準)		[g]	30	60	100	250	500

※ 250T (250gタイプ) のガス発生剤の薬量は $250 \pm 1\text{g}$ 、500T (500gタイプ) のガス発生剤の薬量は $500 \pm 2\text{g}$ である。

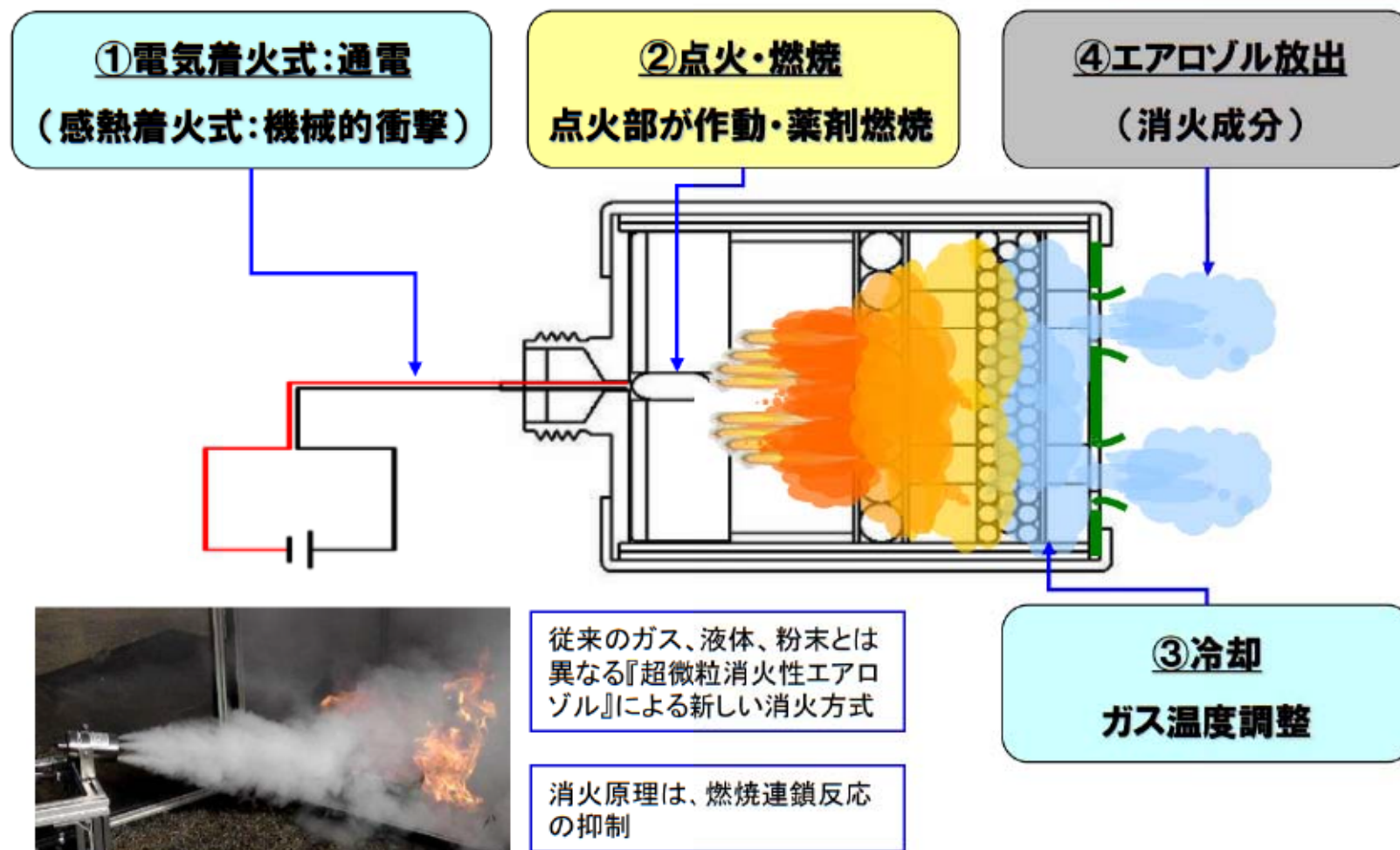


左側から、500T, 60T, 100T, 30T, 250T



構造は、どのモデルも同一である。寸法、薬量、ノズルは、サイズ毎に異なる。また、外殻はステンレススチール製であり、内部の火薬類を容易に取り出せない構造である。

6. 作動機構



7. 当該火工品の特性値

特性値			100g タイプ	250g タイプ	500g タイプ
計算値	ガス発生剤薬量[g] (最大薬量)		100	251	502
	発生熱量[J/g]		1,650	1,650	1,650
	1個当たりの発生熱量[J]		165,000	414,000	828,000
	発生ガス量[l/g]		0.46	0.46	0.46
	1個当たりの発生ガス量[l]		46	116	231
実測値	作動時間[s]	平均	11.0	10.2	25.7
		標準偏差	1.03	0.5	1.5
		平均+3 σ	14.1	11.8	30.2
		平均-3 σ	7.9	8.7	21.1
計算値 ※	時間当たりの発生熱量 [kJ/s]		5.0 [kcal/s]	48	40
			(20,920 [J/s])		
	時間当たりの発生ガス量 [l/s]		5830 [cm ³ /s]	14	11
			(6,000 [cm ³ /s])		

※ ガス発生剤薬量が最大値において、作動時間が平均-3 σ の場合の時間当たりの発生熱量及び発生ガス量である。

8. 安全性評価試験項目一覧

点火方式	試験項目（姿勢）	試験		補完試験	
		試験モデル	試験数	試験モデル	試験数
電気点火式 （電気着火式）	1. 外殻構造試験	500E	（1個）	—	—
	2. 通常点火試験	500E	3個	—	—
	3. 加熱試験	500E	3個	—	—
	4. 振動試験	500E	3個	—	—
	5. 落下試験（点火具上・横複合）	500E	2個	—	—
	（点火具下）	—	—	100E ※	3個
	6. 伝火試験（側面同士隣接）	500E	1対（2個）	—	—
	（ノズル同士隣接）	—	—	100E	3対（6個）
	（ノズルと点火部隣接）	—	—	100E	3対（6個）
	7. 外部火災試験（横向き）	500E	2個	—	—
撃針点火式 （感熱着火式）	（ノズル下・点火具上）	—	—	100E	1個
	（点火具下・ノズル上）	—	—	100E	1個
	1. 外殻構造試験	100T	（1個）	—	—
	2. 通常点火試験	100T	3個	—	—
	3. 加熱試験	100T	3個	—	—
	4. 振動試験	100T	3個	—	—
	5. 落下試験（雷管上・横複合）	100T	3個	—	—
	（雷管下）	—	—	100T ※	3個
	6. 伝火試験（側面同士隣接）	—	—	100T	3対（6個）
	（ノズル同士隣接）	—	—	100T	3対（6個）
	（ノズルと雷管隣接）	500E・30T	1対（2個）	100T	3対（6個）
	7. 外部火災試験（横向き）	100T	2個	—	—
	（ノズル下・雷管上）	—	—	100T	1個

※ 落下試験は、100gタイプに錘を取り付け、500gタイプの質量に合わせて実施した。

8. 安全性評価試験項目一覧（続き）

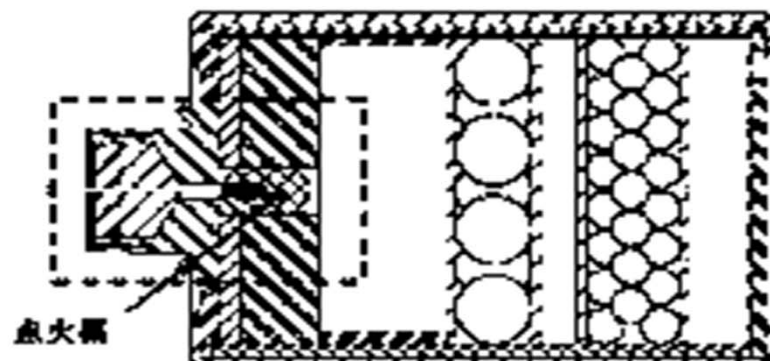
安全性評価試験として、電気点火式（電気着火式）の500gタイプを実施した。

撃針点火式（感熱着火式）は、構造的に電気点火式（電気着火式）と点火部のみが異なる（下図参照）。その違いは、電気点火式（電気着火式）が通電により点火薬を点火させる構造に対し、撃針点火式（感熱着火式）は撃発式雷管により点火薬を点火させる構造である。

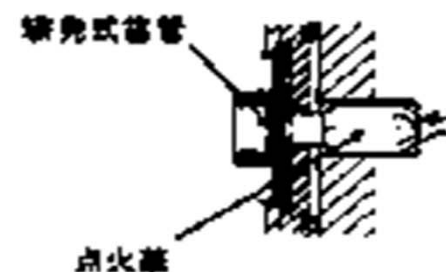
従って、その構造的な違いによる影響を確認するために、補完的に各試験を実施した。

なお、撃針点火式（感熱着火式）の点火部構造及び撃発式雷管は、30g～500gタイプの全てが共通である。そのため、補完試験は、100gタイプを使用した。

【電気点火式の点火部】



【撃針点火式の点火部】



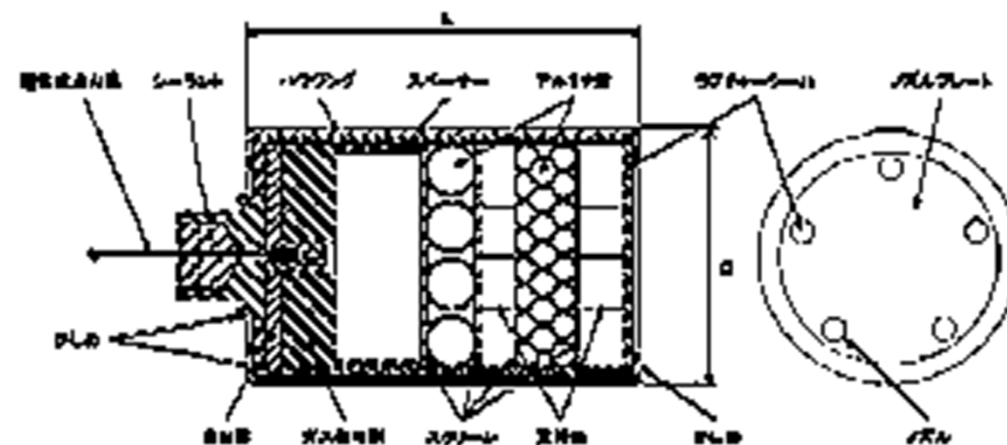
9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（1）外殻構造試験

試験方法 : 目視による。

判定基準 : 内部の火薬類等が容易に取り出せない構造であること。

試験結果 : 下図に示す通り、外殻は防錆性を有するステンレス鋼(SUS304)で構成されており、その端部はかしめ構造を採用していることから、内部の火薬類は、容易に取り出せない。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（2）通常点火試験

試験方法 : 当該火工品を静置させ、通常点火させる。

判定基準 : 通常点火した時に、外殻の破損がないこと。
また、試料が飛翔して周囲に被害を与えないこと。

試験結果 : 下図に示すとおり、外殻の破損はなかった。
また、試料は飛翔しなかった。



試験状況



試験後の試料

通常点火試験データ		燃焼時間[sec] 500E
データ	No.1	26
	No.2	24
	No.3	27
	平均値	25.7
	標準偏差 σ	1.53
	平均値-3 σ	21.1
	平均値+3 σ	30.2
摘要	通常点火試験品の燃焼時間を他の 負荷試験の基準データとする。	

【通常点火方法及び計測】

試料を静置し、作動させる。
発煙の開始をスタートとし、終了をストップとして時間を計測する。

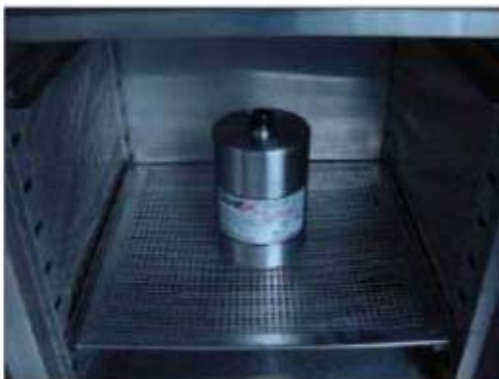
9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（3）加熱試験

試験方法 : 75℃に調温した恒温槽の中央部に試料を静置し、48時間放置する。放置後、恒温槽の電源を切り、徐冷する。その後、通常点火を行う。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 下図に示すとおり、加熱試験中の発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



試験状況



試験後の試料

加熱試験データ		燃焼時間[sec]
		500E
基準品	No.1	26
	No.2	24
	No.3	27
	平均値	25.7
	標準偏差 σ	1.53
	平均値-3 σ	21.1
	平均値+3 σ	30.2
負荷品	No.1	26
	No.2	27
	No.3	25
	平均値	26.0
評価	負荷品は、基準品の平均値 $\pm 3\sigma$ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

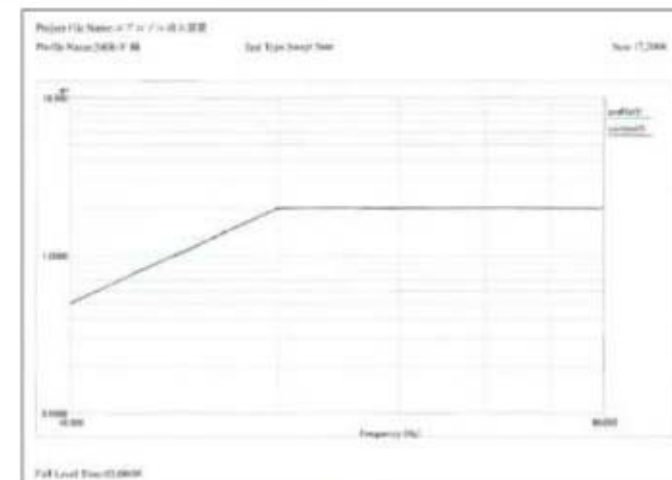
（4）振動試験

試験方法 : 試料を振動試験機に取り付け、振動数は10～60Hzの間で対数的に連続変化させる。振幅は、2.5mmまたは加速度のピーク値が2Gのいずれか小さい方で、試料の軸と垂直方向と水平方向の二つの方向に加振する（振動チャート参照）。その後、通常点火する。

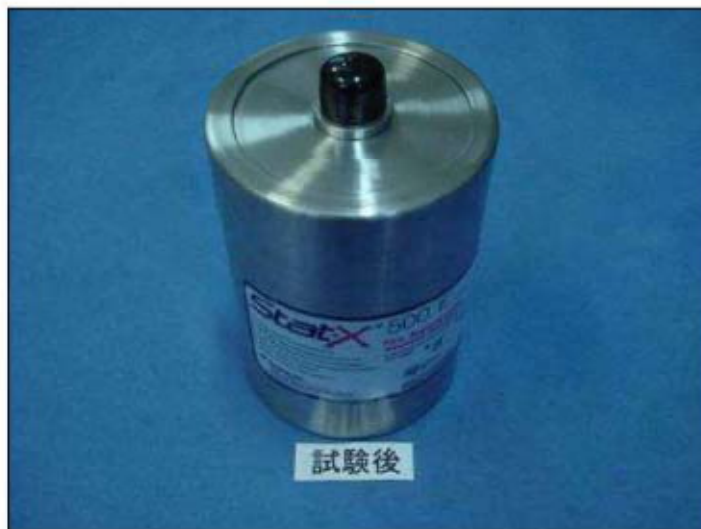
振動時間は各方向に2時間とした。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 下図に示すとおり、振動試験中の発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）



試験後の試料

振動試験データ		燃焼時間[sec] 500E
基準品	No.1	26
	No.2	24
	No.3	27
	平均値	25.7
	標準偏差 σ	1.53
	平均値-3 σ	21.1
	平均値+3 σ	30.2
負荷品	No.1	26
	No.2	26
	No.3	24
	平均値	25.3
評価	負荷品は、基準品の平均値 $\pm 3\sigma$ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

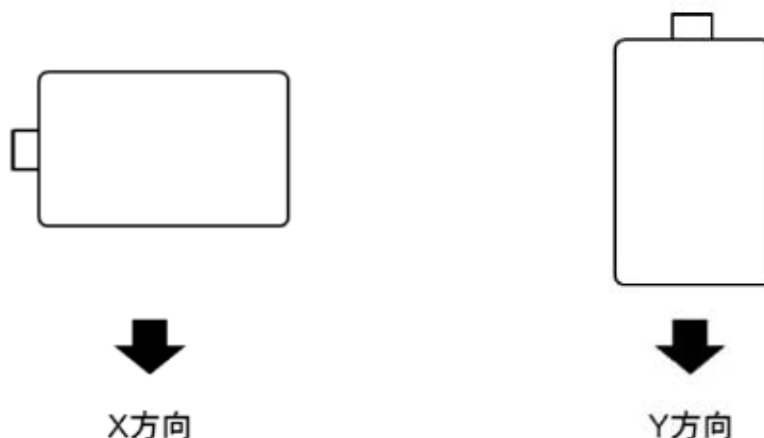
（5）落下試験

試験方法 : 試料を取扱上の諸条件により決めた所定の高さからコンクリート床又はこれと同等以上の性能のものに落下させる。その後、通常点火する。

上記より、床はコンクリートとし、高さはマージンをみて2m、落下姿勢は一つの試料に対し、下図の通り2方向とした。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 次ページに示すとおり、落下試験による発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）



試験状況



試験後の試料

落下試験データ		燃焼時間[sec] 500E
基準品	No.1	26
	No.2	24
	No.3	27
	平均値	25.7
	標準偏差 σ	1.53
	平均値-3 σ	21.1
	平均値+3 σ	30.2
負荷品	No.1	25
	No.2	24
評価	負荷品は、基準品の平均値 $\pm 3\sigma$ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

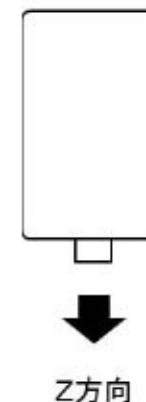
（5）落下試験 … 補完

試験方法 : 1つの供試火工品をコンクリート床又はこれと同等以上の性能のものに、1.5mの高さから、火工品内部の火薬類に対して影響を与える部位が床面に着地するように1回自然落下させる。供試火工品のサンプリング個数は3個とし、各供試火工品を1回ずつ落下させる。発火したときは、その時点で試験は終了する。1回自然落下させても発火しない場合は、当該供試火工品に通常点火試験を行う。

上記より、床はコンクリートとし、点火具側を下にして、試料を1.5mの高さから1つの試料に対し、1回から落下させる。その後、通常点火する。試料数は、3個とする。なお、試料は、100gタイプに錘を取り付け、500gタイプの質量に合わせる。

判定基準 : 供試火工品の全てが、以下の要件をいずれも満たすこと。
イ. 爆発や発火が起こらないこと。
ロ. 外殻の破損等の損傷がなく、正常に作動すること。

試験結果 : 次ページに示すとおり、落下試験による発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

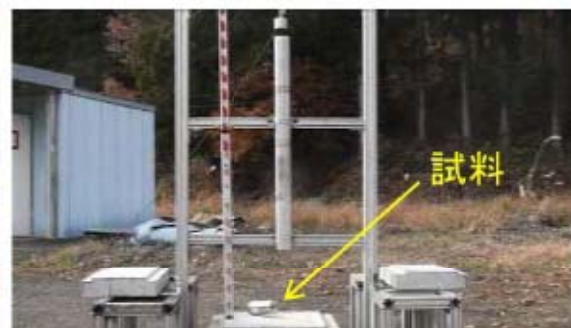
代表として、No.2の写真に掲載する

【試験状況】



点火部は、保護キャップなし

【試験後】



【衝突時の様子】



【試験後の試料】



右側は質量調整錘

【通常点火時の様子】



【通常点火データ】

落下試験(追加)データ		燃焼時間[sec]
		100E
基準品	平均値	11.0
	標準偏差σ	1.03
	平均値-3σ	7.9
	平均値+3σ	14.1
負荷品	No.1	12
	No.2	12
	No.3	12
評価	負荷品は、基準品の平均値±3σ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（6）伝火（爆）試験（隣接試験）

試験方法：隣接した試料の1個に点火、点爆する。隣接方法は、供試火工品によって、その構造等を勘案の上決める。

上記より、500gタイプを用い、発火源試料Aと迎爆試料Bを下図のように隣接させた状態で、発火源試料Aを発火させる。当該火工品は、個装箱に梱包された状態で購入・輸送・保管されるため、下図のように平行に隣接させた。なお、ノズルと点火側及びノズル同士が近接している場合については、次ページの補完試験にて行った。

判定基準：隣接した1個の試料が発火または爆発したとき、他に伝火（爆）しないこと。

試験結果：下図に示すとおり、伝火（爆）試験による発火はなかった。



試験状況



試験後の状況

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

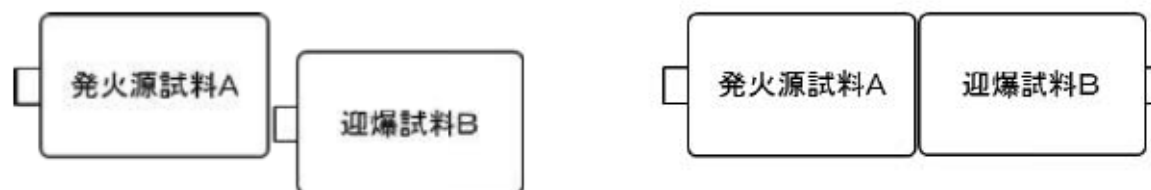
（6）伝火（爆）試験 … 補完

試験方法 : 一対（2個）の供試火工品を、隣接（隣接方法は、供試火工品の発火方向同士をできるだけ近接させる）して、点火により移動することのないようにその構造に適した装置等を用いて固定し、その一方を点火（爆）させ、他方の供試火工品に伝火（爆）するかを試験する。伝火（爆）する場合には、伝火（爆）しなくなるまでの距離を求める。供試火工品のサンプル個数は3対（6個）とする。

上記より、下図に示すように、発火源試料Aと迎爆試料Bをノズルと点火具側またはノズル同士を近接させた状態で、発火源試料Aを発火させる。試料は100gタイプを用い、3対（6個）とする。

判定基準 : 3対全てが、点火していない供試火工品に伝火（爆）しないこと。
点火していない供試火工品に伝火（爆）する場合にあっては、伝火（爆）しなくなる距離を計測し、通常の取り扱い状況において安全上の問題がないことを確認すること。

試験結果 : 次ページに示すとおり、伝火（爆）試験による発火はなかった。
最も厳しいと考えられる、ノズル同士を近接させ、迎爆試料の内部が、発火源試料の燃焼熱に直接晒される水準であっても伝火はしなかった。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



左:発火源 右:迎爆
迎爆試料は保護キャップなし

【試験状況】



迎爆試料の点火具側を
発火源のノズルへ近接

【試験中の様子】



【試験後の試料（点火具側）】



【試験後の試料（ノズル側）】



【迎爆試料データ】

試験前後の重量差及びラプチャーシールの破断がないことより、ガス発生剤は
燃焼（伝火）していない。

試験前質量: 886.06g

試験後質量: 887.31g

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



左：発火源 右：迎爆

【試験状況】



発火源試料と迎爆試料の
ノズル同士を近接

【試験中の様子】



【試験後の試料（近接部）】



【試験後の試料（迎爆ノズル側）】



【迎爆試料データ】

試験前後の重量差より、ガス発生剤は
燃焼（伝火）していない。

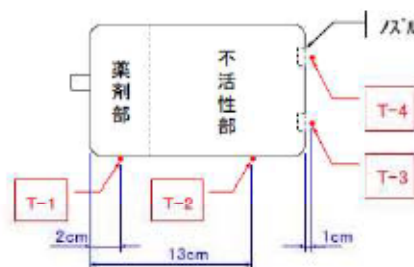
試験前質量：883.89g

試験後質量：890.11g

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

【参考データ】

当該火工品500gタイプが作動した際の噴出するガス並びに外殻表面の温度を熱電対により測定した結果を以下に示す。噴出するガスの最高温度は、ノズルから1cmの距離で約800℃、外殻表面の最高温度は、約250℃であった。



T-1	薬剤部外殻表面
T-2	不活性部外殻表面
T-3	ノズル～1cm①
T-4	ノズル～1cm②

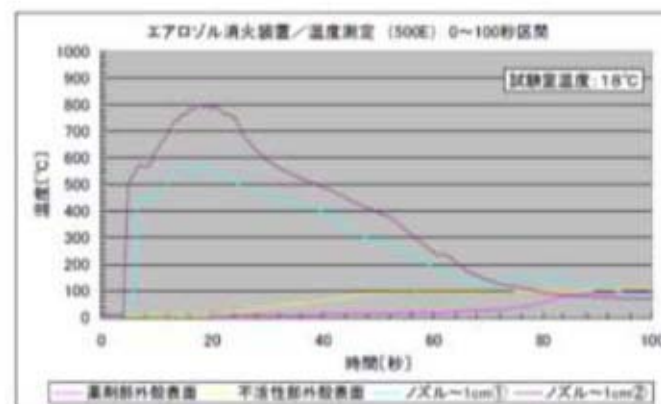
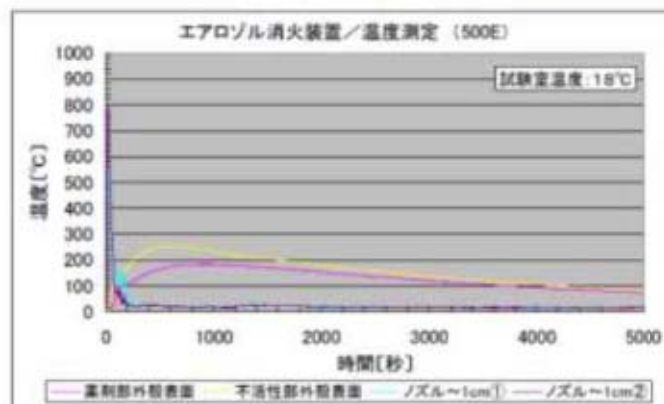


図4 温度測定結果

部位	ピーク		部位	ピーク	
	温度(°C)	到達時刻(sec)		温度(°C)	到達時刻(sec)
薬剤部外殻表面	184.5	825.5	ノズル～1cm①	574.7	18.0
不活性部外殻表面	251.3	558.0	ノズル～1cm②	800.6	17.5

【参考1】 薬剤部外殻表面及び不活性部外殻表面温度が60℃に低下した後は、およそ120分後
【参考2】 燃焼時間：約26秒（着火遅れ：ほとんどなし）

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（7）外部火災試験

試験方法 : 供試火工品によって、それぞれ所定の装置を用い、供試火工品全体を火炎が包むように試験する。

上記より、BAM（ドイツ材料試験所）式バーナー試験に準拠し、500gタイプを用い、下図に示す姿勢で、ガスバーナーにより試料全体を火炎で覆う。

判定基準 : 試料が火災等にあった時、発火または爆発して周囲に著しい被害を与えないこと。

試験結果 : 下図に示すとおり、破片放出等がなく、周囲に著しい被害を与えなかった。
供試火工品は、加熱開始から10～12分でガス発生剤が発火し、20秒前後燃焼した。
外殻からの伝熱によりガス発生剤が発火点（約420℃）に至り、発火したと考えられる。
通常点火時の燃焼時間に比べ、燃焼時間は短いが、燃焼速度の大幅な上昇は見られなかつ



試験状況



試験後の状況

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

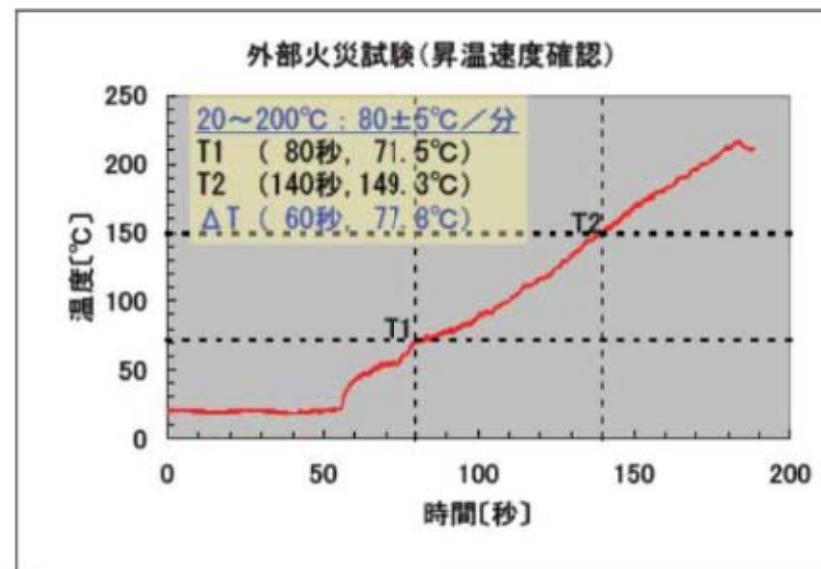
【BAM式バーナー試験の火力について】

1. 火力の調整方法

ガスバーナーで5cm×5cm×5cmの鉄製ブロックを炙り、鉄製ブロックの温度が20から200℃の間で、昇温速度が $80 \pm 5^\circ\text{C}/\text{分}$ となるように火力を調整する。

2. 調整結果

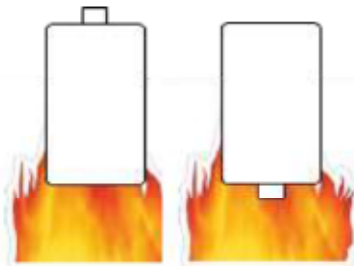
下図に示すように、実測で77.8℃となり、火力の調整が妥当であることを確認した。



9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

（7）外部火災試験 … 補完

試験方法 : 一つ又は通常の運搬時において隣接する可能性がある数の供試火工品を、所定の装置（供試火工品の構造、大きさ等を勘案した、供試火工品全体を火炎が包むような試験装置）を用いて、供試火工品全体を火炎が包むように試験する。供試火工品のサンプリング個数は、通常の運搬時における隣接の可能性がある数とする。燃焼前、燃焼中、燃焼後の経時変化を写真又は動画により記録する。



上記より、BAM（ドイツ材料試験所）式バーナー試験に準拠し、100gタイプを用い、ガスバーナーにより左図に示すように、ノズル側または点火具側を火炎で覆う。火炎に対する供試火工品の姿勢による挙動を確認する。

判定基準 : 供試火工品の全てが、以下の要件のいずれかを満たすこと。

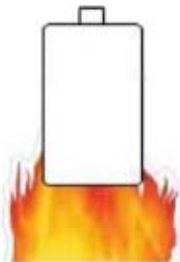
- イ. 供試火工品の放出面以外の外殻の破損又は飛散物がないこと。
- ロ. 供試火工品が、外部火災試験中に発火又は爆発して、当該供試火工品の一部が飛散物として飛散しても、当該飛散物が周囲に著しい被害を与えないこと。（例えば、当該飛散物の飛散距離が5m以内であり、又は、その運動エネルギーが80J以下であり、周囲に著しい被害を与えないこと。
- ハ. 試験後に発生する残ガスが周囲に被害を与えないこと。

試験結果 : 次ページに示すとおり、外殻の破損はなく、飛散物もなかった。

供試火工品は、ノズル側を火炎で熱した場合、加熱開始から約11分でガス発生剤が発火し、約7秒燃焼した。また、点火具側を火炎で熱した場合は、約3分後に、約12秒燃焼した。ガス発生剤が炎で直接的に熱せられた場合であっても、爆発的な燃焼には至らなかった。また、点火具側が熱せられる分には、通常点火時の燃焼時間と同等であった。

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

【試験姿勢】



【試験状況】



【試験中の様子】



【発火時の様子】



【発火後の試料】



【データ】

外殻の破損:なし

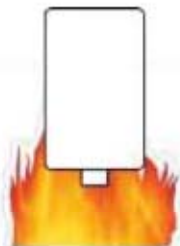
飛散物:なし

加熱開始からの発火時間:約11分

燃焼時間:約7秒

9. 安全性評価試験結果（電気着火式）

【試験姿勢】



【試験状況】



【試験中の様子】



【発火時の様子】



【発火後の試料】



【データ】

外殻の破損:なし

飛散物:なし

加熱開始からの発火時間:約3分

燃焼時間:約12秒

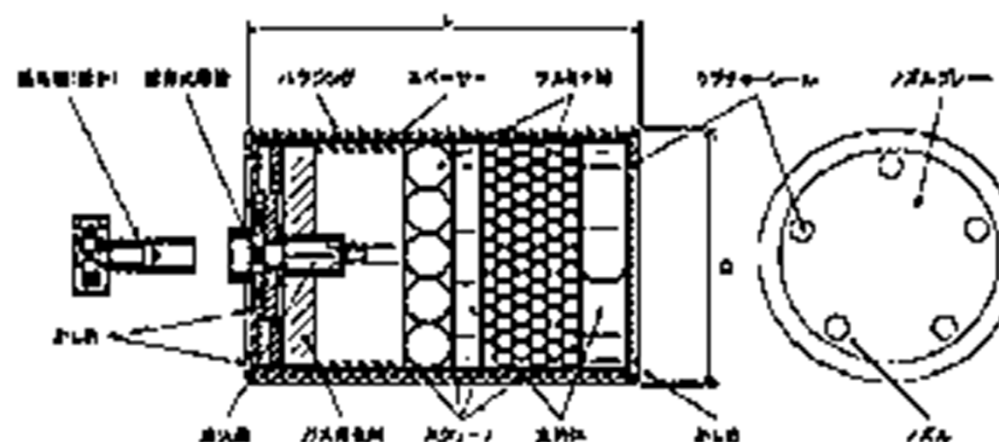
9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

（1）外殻構造試験

試験方法 : 目視による。

判定基準 : 内部の火薬類等が容易に取り出せない構造であること。

試験結果 : 下図に示す通り、外殻は防錆性を有するステンレス鋼(SUS304)で構成されており、その端部はかしめ構造を採用していることから、内部の火薬類は、容易に取り出せない。



9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

（2）通常点火試験

試験方法 : 当該火工品を静置させ、通常点火させる。

判定基準 : 通常点火した時に、外殻の破損がないこと。
また、試料が飛翔して周囲に被害を与えないこと。

試験結果 : 下図に示すとおり、外殻の破損はなかった。
また、試料は飛翔しなかった。



試験状況



試験後の状況

通常点火試験データ		燃焼時間[sec] 100T
データ	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
	標準偏差 σ	1.00
	平均値-3 σ	8.0
	平均値+3 σ	14.0
摘要		通常点火試験品の燃焼時間を他の 負荷試験の基準データとする。

【通常点火方法及び計測】

試料を静置し、作動させる。
発煙の開始をスタートとし、終了をストップとして時間を計測する。

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

感熱着火式は、購入・輸送・保管中においては、感熱部（撃針）は装着しない予定であり、プラスチック製保護キャップ（赤色部）を装着する。従って、加熱試験以降の各試験は、伝火試験の一部を除き、保護キャップを装着した状態で行った。

（３）加熱試験

試験方法 : 75℃に調温した恒温槽の中央部に試料を静置し、48時間放置する。放置後、恒温槽の電源を切り、徐冷する。その後、通常点火を行う。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 下図に示すとおり、加熱試験中の発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



試験状況



試験後の状況

加熱試験データ		燃焼時間[sec] 100T
基準品	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
	標準偏差σ	1.00
	平均値-3σ	8.0
	平均値+3σ	14.0
負荷品	No.1	11
	No.2	12
	No.3	11
	平均値	11.3
評価	負荷品は、基準品の平均値±3σ以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

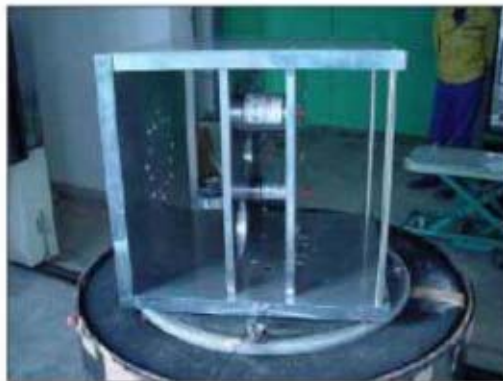
（4）振動試験

試験方法 : 試料を振動試験機に取り付け、振動数は10～60Hzの間で対数的に連続変化させる。振幅は、2.5mmまたは加速度のピーク値が2Gのいずれか小さい方で、試料の軸と垂直方向と水平方向の二つの方向に加振する（振動チャート参照）。その後、通常点火する。

振動時間は各方向に2時間とした。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 下図に示すとおり、振動試験中の発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



試験状況



試験後の状況

振動試験データ		燃焼時間[sec] 100T
基準品	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
	標準偏差σ	1.00
	平均値-3σ	8.0
	平均値+3σ	14.0
負荷品	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
評価	負荷品は、基準品の平均値±3σ以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

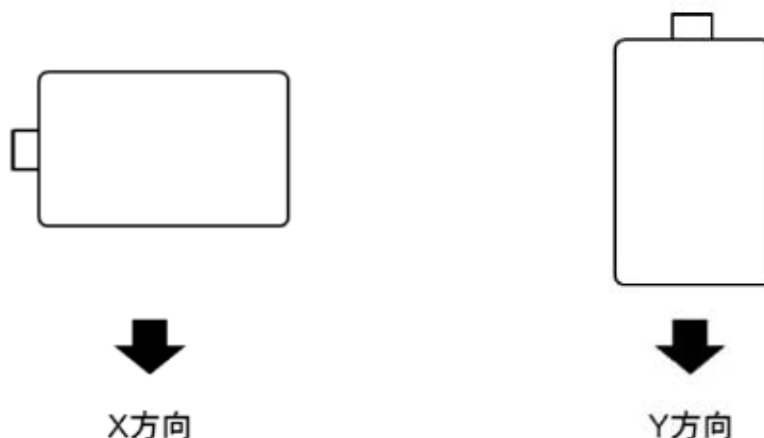
（5）落下試験

試験方法 : 試料を取扱上の諸条件により決めた所定の高さからコンクリート床又はこれと同等以上の性能のものに落下させる。その後、通常点火する。

上記より、床はコンクリートとし、高さはマージンをみて2m、落下姿勢は一つの試料に対し、下図の通り2方向とした。

判定基準 : 発火または爆発しないこと。
また、試験後も製品としての性能を維持すること。

試験結果 : 次ページに示すとおり、落下試験による発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）



試験状況



試験後の状況

落下試験データ		燃焼時間[sec]
		100T
基準品	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
	標準偏差 σ	1.00
	平均値 -3σ	8.0
	平均値 $+3\sigma$	14.0
負荷品	No.1	10
	No.2	12
	No.3	10
	平均値	10.7
評価	負荷品は、基準品の平均値 $\pm 3\sigma$ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

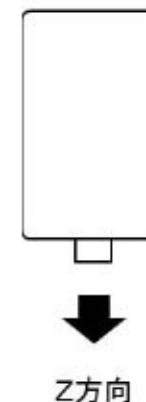
（5）落下試験 … 補完

試験方法 : 1つの供試火工品をコンクリート床又はこれと同等以上の性能のものに、1.5mの高さから、火工品内部の火薬類に対して影響を与える部位が床面に着地するように1回自然落下させる。供試火工品のサンプリング個数は3個とし、各供試火工品を1回ずつ落下させる。発火したときは、その時点で試験は終了する。1回自然落下させても発火しない場合は、当該供試火工品に通常点火試験を行う。

上記より、床はコンクリートとし、撃発式雷管側を下にして、試料を1.5mの高さから1つの試料に対し、1回から落下させる。その後、通常点火する。試料数は、3個とする。なお、試料は、100gタイプに錘を取り付け、500gタイプの質量に合わせる。

判定基準 : 供試火工品の全てが、以下の要件をいずれも満たすこと。
イ. 爆発や発火が起こらないこと。
ロ. 外殻の破損等の損傷がなく、正常に作動すること。

試験結果 : 次ページに示すとおり、落下試験による発火はなかった。
また、試験後の試料を通常点火した結果、正常に作動した。



9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



撃発雷管部は、保護キャップあり

【試験後】



【衝突時の様子】



【試験後の試料】



撃発式雷管部

【通常点火時の様子】



【通常点火データ】

落下試験（追加）データ		燃焼時間[sec]
		100T
基準品	No.1	12
	No.2	10
	No.3	11
	平均値	11.0
	標準偏差	1.00
	平均値-3σ	8.0
負荷品	平均値+3σ	14.0
	No.1	11
	No.2	10
評価	No.3	11
	負荷品は、基準品の平均値±3σ 以内である。従って、負荷の影響はないと判断する。	

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

（6）伝火（爆）試験（隣接試験）

試験方法 : 隣接した試料の1個に点火、点爆する。隣接方法は、供試火工品によって、その構造等を勘案の上決める。

上記より、迎爆試料Bの撃発式雷管部が発火源試料Aにより加熱される場合をワーストケースとして想定し、下図のように、隣接させた状態で、発火源試料Aを発火させる。試料についてであるが、前述の通り、着火部構造及び撃発式雷管は、30g～500gタイプ全てが共通であることから、発火源試料Aは500gタイプとし、迎爆試料Bは30gタイプを使用する（500gタイプの発生ガスが撃発式雷管を熱する）。なお、迎爆試料Bの撃発式雷管部は、購入・輸送・保管中の形態を考慮し、保護キャップを装着した状態とする。

判定基準 : 隣接した1個の試料が発火または爆発したとき、他に伝火（爆）しないこと。

試験結果 : 次ページに示すとおり、迎爆試料Bは、発火源試料Aから約25秒の噴出ガスによる熱を受けたが、伝火（爆）しなかった。



9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）



試験状況



試験後の状況

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

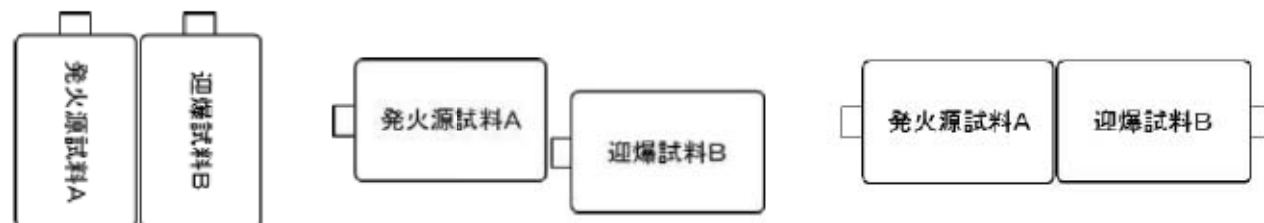
（6）伝火（爆）試験 … 補完

試験方法 : 一対（2個）の供試火工品を、隣接（隣接方法は、供試火工品の発火方向同士をできるだけ近接させる）して、点火により移動することのないようにその構造に適した装置等を用いて固定し、その一方を点火（爆）させ、他方の供試火工品に伝火（爆）するかを試験する。伝火（爆）する場合には、伝火（爆）しなくなるまでの距離を求める。供試火工品のサンプル個数は3対（6個）とする。

上記より、下図に示すように、発火源試料Aと迎爆試料Bを、平行に隣接、ノズルと撃発式雷管側（保護キャップなし）を近接、ノズル同士を近接させた状態で、発火源試料Aを発火させる。試料は100gタイプを用い、3対（6個）とする。

判定基準 : 3対全てが、点火していない供試火工品に伝火（爆）しないこと。
点火していない供試火工品に伝火（爆）する場合にあっては、伝火（爆）しなくなる距離を計測し、通常の取り扱い状況において安全上の問題がないことを確認すること。

試験結果 : 次ページ以降に示すとおり、伝火（爆）試験による発火はなかった。
平行隣接での伝火がないことは勿論、迎爆試料の撃発式雷管が発火源試料の燃焼熱に直接晒される場合、また、迎爆試料の内部が発火源試料の燃焼熱に直接晒される場合の両水準においても伝火はしなかった。



9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



左：発火源 右：迎爆

【試験状況】



発火源試料と迎爆試料の
側面同士を近接

【試験中の様子】



【試験後の試料（左：迎爆試料）】



【試験後の試料（左：迎爆試料）】



【迎爆試料データ】

試験前後の重量差及びラプチャーシールの破断がないことより、ガス発生剤は
燃焼（伝火）していない。

試験前質量：828.32g
試験後質量：828.34g

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



左:迎爆 右:発火源
(迎爆試料は保護キャップなし)

【試験状況】



迎爆試料の撃発式雷管側を
発火源のノズルへ近接

【試験中の様子】



【試験後の迎爆試料（撃発式雷管側）】



【試験後の迎爆試料（ノズル側）】



【迎爆試料データ】

試験前後の重量差及びラプチャーシールの破断がないことより、ガス発生剤は
燃焼（伝火）していない。

試験前質量: 823.12g
試験後質量: 824.02g

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

代表として、No.2の写真を掲載する

【試験状況】



左:迎爆 右:発火源

【試験状況】



発火源試料と迎爆試料の
ノズル同士を近接

【試験中の様子】



【試験後の迎爆試料（ノズル側）】



【試験後の迎爆試料（撃発式雷管側）】



【迎爆試料データ】

試験前後の重量差より、ガス発生剤は
燃焼（伝火）していない。

試験前質量: 813.89g

試験後質量: 820.59g

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

（7）外部火災試験

試験方法 : 供試火工品によって、それぞれ所定の装置を用い、供試火工品全体を火炎が包むように試験する。

上記より、BAM（ドイツ材料試験所）式バーナー試験に準拠し、100gタイプを用い、下図に示す姿勢で、ガスバーナーにより試料全体を火炎で覆う。火力の設定は、電気作動式と同設定で行った。

判定基準 : 試料が火災等にあった時、発火または爆発して周囲に著しい被害を与えないこと。

試験結果 : 下図に示すとおり、破片放出等がなく、周囲に著しい被害を与えなかった。
供試火工品は、加熱開始から約1分で、ガス発生剤が発火する前に撃発式雷管が熱により発火し、通常の作動機構によりガス発生剤は燃焼した。燃焼時間は約12秒であり、通常点火時の燃焼時間と同等であった。



試験状況

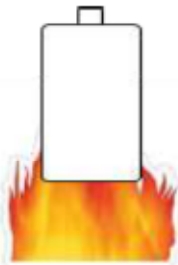


試験後の状況

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

（7）外部火災試験 … 補完

試験方法 : 一つ又は通常の運搬時において隣接する可能性がある数の供試火工品を、所定の装置（供試火工品の構造、大きさ等を勘案した、供試火工品全体を火炎が包むような試験装置）を用いて、供試火工品全体を火炎が包むように試験する。供試火工品のサンプリング個数は、通常の運搬時における隣接の可能性がある数とする。燃焼前、燃焼中、燃焼後の経時変化を写真又は動画により記録する。



上記より、BAM（ドイツ材料試験所）式バーナー試験に準拠し、100gタイプを用い、ガスバーナーにより左図に示すように、ノズル側を火炎で覆う。火炎に対する供試火工品の姿勢による挙動を確認する。撃発式雷管側を加熱する試験水準は、前記試験でガス発生剤が発火する前に撃発式雷管が熱により発火することを確認しているため、実施しなかった。

判定基準 : 供試火工品の全てが、以下の要件のいずれかを満たすこと。

- イ. 供試火工品の放出面以外の外殻の破損又は飛散物がないこと。
- ロ. 供試火工品が、外部火災試験中に発火又は爆発して、当該供試火工品の一部が飛散物として飛散しても、当該飛散物が周囲に著しい被害を与えないこと。（例えば、当該飛散物の飛散距離が5m以内であり、又は、その運動エネルギーが80J以下であり、周囲に著しい被害を与えないこと。
- ハ. 試験後に発生する残ガスが周囲に被害を与えないこと。

試験結果 : 次ページに示すとおり、外殻の破損はなく、飛散物もなかった。
供試火工品は、加熱開始から約5分でガス発生剤が発火する前に撃発式雷管が熱により発火し、通常の作動機構によりガス発生剤は燃焼した。燃焼時間は約12秒であり、通常点火時の燃焼時間と同等であった。

9. 安全性評価試験結果（感熱着火式）

【試験姿勢】



【試験状況】



【試験中の様子】



【発火時の様子】



【発火後の試料】



【データ】

外殻の破損：なし

飛散物：なし

加熱開始からの発火時間：約5分

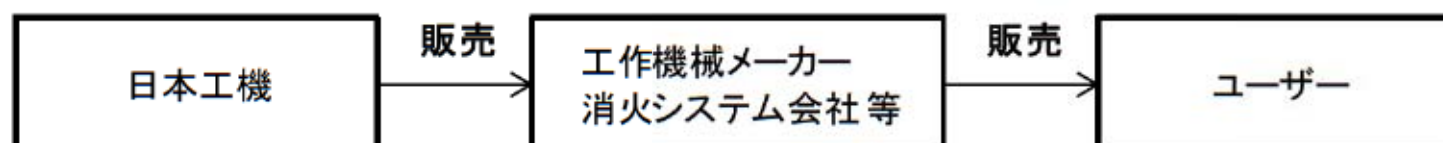
燃焼時間：約12秒

10. 流通、耐用年数及び廃棄

【流通】

当該火工品は、消火用（火災抑制）として日本工機が輸入し、工作機械メーカーや消火システム会社等を介して又は直接ユーザーに販売します。（広く一般には販売せず、制限した形で販売します。）

また、日本工機は、販売先を把握します。



【耐用年数】

10年

10. 流通、耐用年数及び廃棄

【廃棄】

当該火工品のサービス終了後は、消火システム会社が交換回収し、使用済みの場合は各都道府県の条例に基づき、産業廃棄物として処理します。また、サービス中使用されることなく終了した物については、弊社が火薬類処理業者として既に契約している業者に引き取りを依頼します。

処理業者では火工品を燃焼等による処理後、各都道府県の条例に従い廃棄物として処理されます。

