

簡易電気火花感度試験器の試作

岩倉正剛*, 井口豊巳*, 水島容二郎*, 細谷文夫*

煙火製造用として携帯可能な簡易電気火花感度試験器を試作した。この装置は一定の電気エネルギーを持つコンデンサーの電荷を昇圧トランスに通して少量の火薬類に高電圧火花放電を行い、試料の発火の有無を調べるものであり、試料の電気火花感度が起爆薬程度か爆薬程度であるかを容易に判定することができる。この装置を用いて各種火薬類の電気火花感度を求めると共に従来の装置を用いた電気火花感度との関係を調べた。

1. 緒言

火薬類の事故の中には静電気に起因するものがあり、その対策としては人体及び装置のアースをとる等電気火花の発生防止に重点が置かれてきた。

一方、火薬類を製造し、あるいは取り扱う場合、事前にその感度を把握し、感度に応じた事故防止対策をとることが極めて重要である。また、この感度自体火薬類の性質を示す重要な指標である。

しかし、火薬類の電気火花感度を衝撃感度等から類推することはできないため、測定する必要があるが、電気火花に対する火薬類の感度測定法はJISに制定されていない。火薬学会規格E-25に規定されているが、煙火材料に対して適しているとは言い難く、現状において、全ての煙火製造業者が学会規格の電気火花感度測定装置を保有することは望めない。内外を通じて発表されている回路はコンデンサーに高圧に充電されたエネルギーを直接的に火花とするものであって、トランスで昇圧する方式は安全・簡単であるのに殆ど発表がない。

このため、広く煙火製造業者が保有することができるよう、軽量、小型、安価で簡単な操作で火薬類の電気火花感度を安全に判定できる「簡易電気火花感度試験器」を開発した。

2. 試作

経済性及び操作性を重視し、高電圧火花放電の一次入力エネルギーを一定とした。また、任意の場所で測

定ができるように、電源は乾電池とした。ただし、交流を整流して用いてもよい。回路図をFig.1に示す。

電源としては、006P電池2個を直列とし、ほぼ18Vを得、ノミナル4,700 μ Fのコンデンサーに充電し、スイッチ切替えてバイク用点火コイル²⁾(ヤマハ2JN型又は5MO型)の一次側(1.7 Ω)に一挙に通電し、二次側(7.2k Ω , 7H)に発生する高電圧を電極間隙に導く。間隙は2mmとする。通電用スイッチは既製品(オムロンX10DGマイクロスイッチ)を採用した。その接点金属の融点条件は重要である³⁾。接点保護用0.22 μ Fコンデンサーは、電流即ち磁束の時間的変化を大にするためにも欠くことができない。

試料の粉末は、極板(SUS厚板)上にまとめて山型に盛り、その中央に上部針型電極を置く、或いは埋める。薬量は耳搔き一杯程度(2~10mg)がよい。粉末をバラバラにおくと伝火しないので判定できない。また、あまり多いと必要以上に大きな炎が発生する。高圧側回路に高抵抗分圧器を挿入し電圧を測定した。Fig.2に示す。トリシネートでは雑音的変動が見られ、

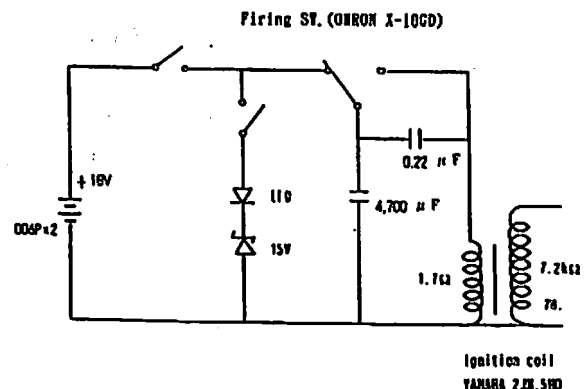


Fig. 1 Spark generator

1999年1月22日受理

*細谷火工(株)

〒197-0801 東京都あきる野市菅生1847

TEL 042-558-5111

FAX 042-558-5441

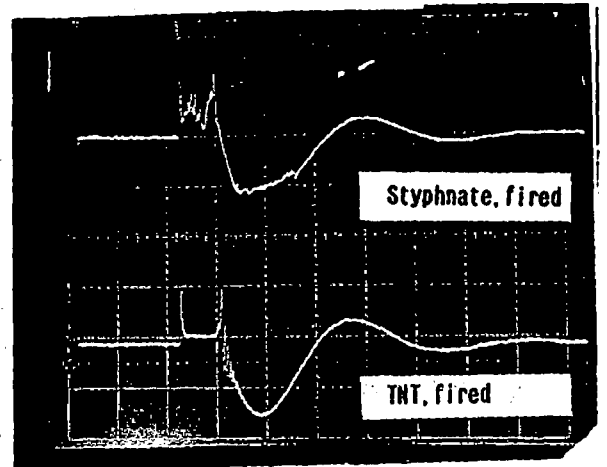
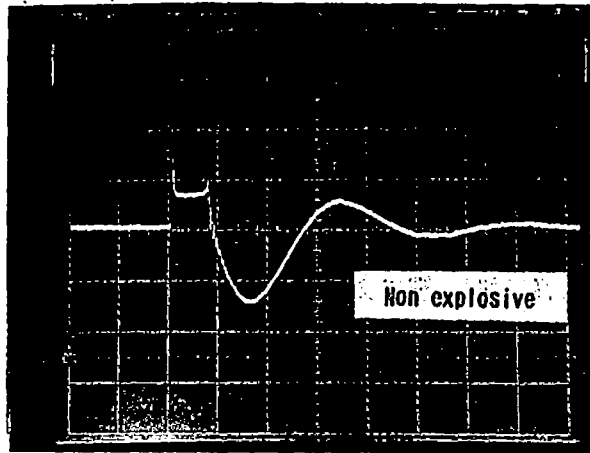


Fig. 2 Spark voltage from the secondary coil, The main condenser (180 μ F) in the primary circuit is charged at 80V. Gap 2mm, 600V/div. 1ms/div.

TNTでは見られないのは、爆轟と燃焼の差によるのであろう。トリシネート以外では、数百 μ secの間一定電圧を示している。これは火花的よりもアーク的であることを示している。

3. 評価方法

本体全面パネルの押ボタンスイッチを押して極間に放電させ、発火の有無を音、炎、光を観察することで判定する。発火するものは電気火花に対し著しく敏感(起爆薬程度)である。

4. 測定例

22種類の火薬類について電気火花感度を測定した。その結果をTable 1に示す。

5. 検討

5.1 発火エネルギー

本装置の容量は実測5,500 μ Fであった。充電値は常に18Vである。二次側出力を固定抵抗(1k Ω ~100k Ω)で消費させるとき、出力電圧をオシログラム上で求め、次式により出力として10mJ~45mJを得た。

$$\int E^2 \frac{dt}{R}$$

一方、コンデンサーへの入力エネルギーは、 $1/2 \cdot CV^2$ で表わされる。ここにCは容量、Vは充電電圧であり、従って入力エネルギーは0.9Jと計算される。このエネルギーは出力エネルギーより著しく大きい。損失理由に一次側の接点火花、二次コイルの抵抗、電解コンデンサーの誘電損のほか電流に高周波を多量含むので表皮効果、鉄芯中の渦流、ヒステリシスが考えられる。

空気プラズマ、火薬火炎中の抵抗値は時間的にも大幅に変化するが、上記の固定抵抗1k Ω ~100k Ω の範囲に止まるとすれば⁴⁾、上記のエネルギー値を火薬の場

合にも採用して差支えない。

この装置で電気火花感度を測定した結果、発火率が10/10のものと0/10のものにほぼ分かれた。Table 1において従来型コンデンサー直接放電式装置による感度列⁵⁾⁶⁾で起爆薬テトラセン(50%発火率で35mJ)より鋭感な薬は本装置(出力10~45mJ程度)で10/10の発火率を示す。ただし、確率現象の常で発火しない薬は2種類ある。

DDNP(50%発火率で310mJ)より鈍感な爆薬又は燃焼剤11種は本装置で0/10で発火しない。

まず両装置は平行した結果を与えるといつてよいが、TNT、HNSについては別で、本装置では薬塊表面のみが瞬時に燃焼した。

TNT及びHNSの電気火花感度は、従来の計測法ではかなり鈍感と判定されていたが、この装置で測定した結果、全数が部分発火した。この現象については、コンデンサー直接放電の時間は数10 μ secであるが、本装置では放電時間が3msecであるからと考えられる。従来型の試験器において、TNTは爆轟生起し難く、従って鈍感とされており、本方式でも爆轟は起さない。しかし、燃焼は比較的起し易い。これは実用的電氣的表現では容量火花と誘導火花の差になる。機構的にはタウンゼント放電とアーク放電の差であるかもしれない。これらの事柄について放電時間と発火機構の関係を詳細に調査することが望ましい。

5.2 特徴

高圧をバイク用イグニッションコイルで得るので、従来発表されている試験器における高圧電源、高圧コンデンサー、高圧スイッチを必要としない。高電圧は常時存在することなく、3msecの短時間のみ発生するので、安全である。本装置の出力~45mJを家田⁷⁾による人体の感電危険限界20J;和田⁸⁾が心室・心房除細動

Table 1 Firing probability with the tester and firing energy with a conventional one of direct condenser discharge type

Sample	Firing probability (This tester)	50% firing energy (J) ⁹⁾ (Conventional tester)	Remarks
Lead styphnate	10 / 10	41 μ J	
Sounding composition	0 / 10	30mJ	KClO ₄ / Al / S = 67 / 20 / 13 (Al : coarse)
Tetracene	10 / 10	35mJ	
B / KClO ₄	0 / 10	50mJ	15 / 85
Sounding composition	10 / 10	71mJ	KClO ₄ / Al / S = 72 / 21 / 7 (Al : fine)
Lead azide	10 / 10	110mJ	with dextrine
Al / KClO ₄	3 / 10	170mJ	31 / 69 partially fired
DDNP	10 / 10	310mJ	
Bursting charge	0 / 10	1.0 J	KClO ₄ / KNO ₃ / Ba (NO ₃) ₂ / C / M* = 54 / 19 / 22 / 2 / 3
Waterfall composition	0 / 10	1.10 J	KClO ₃ / Al / S = 51 / 42 / 7
Black powder	0 / 10	1.12 J	KNO ₃ / C / S = 76 / 14 / 10
B / KNO ₃	0 / 10	1.14 J	30 / 70
PETN	0 / 10	2.7 J	
HNS	0 / 10	3.0 J	grain
RDX	0 / 10	4.7 J	
Star (green)	0 / 10	5.3 J	KClO ₄ / Ba (NO ₃) ₂ / C / Rosin / M* = 55 / 18 / 3 / 22 / 2
Star (red)	0 / 10	6.0 J	KClO ₄ / SrCO ₃ / C / Rosin / M* = 59 / 18 / 9 / 8 / 6
HMX	0 / 10	8.2 J	
HNS	10 / 10	8.7 J	powder, partially burned
TNT	10 / 10	22 J	partially burned
Tetryl	0 / 10	30 J	

(M* : Powder of soluble starch)

のための電撃印加において安全と称する200Jと比較するに大差があり、本装置による危険は無いといつてよからう。

6. 結 語

簡単な操作で火薬類の感度を判定できる軽量、小型、安価な「簡易電気火花感度試験器」を開発した。特徴は、一定のエネルギーを有する電気火花を用いて火薬類の感度を判定する方式である。

また、この装置を用いて各種煙火材料等の感度を判定すると共に、当社のコンデンサー直接放電式装置で測定した電気火花感度(発火エネルギー)と比較した。

文 献

- 1) 長山征悦, 水島容二郎: 工火誌21,290(1960)
- 2) JIS D5121(1980) 自動車用イグニッションコイル
- 3) 熊谷寛夫: 応用物理20,191(1951)
- 4) 中野義信: 工火誌26,265(1965)
- 5) 甘利悟他: 火薬学会1995年度年会講演要旨集p.125
- 6) 甘利悟: 卒業論文
火工物質の電気火花感度試験に関する研究
法政大学工学部 吉田忠雄研究室 平成6年3月
- 7) 家田正之: 現代高電圧工学p.251 昭56 オーム社
- 8) 和田攻: 図解救急処置ガイドp.27 1992 文光堂

A simplified electric-spark sensitivity tester

Masakata IWAKURA*, Toyomi IGUCHI*,
Yojiro MIZUSHIMA* and Fumio HOSOYA*

We have developed an electric-spark sensitivity tester for pyrotechnic explosives which is handy, simple and inexpensive. The tester consists of a power source (18V cells), an electrolytic condenser (4,700 μ F), a motorbike ignition coil and a needle-and-plate electrode (Fig.1). The energy charged in the condenser appears as an inductive spark of 10kV or more. The spark, whose energy is evaluated as 10-45mJ, is applied to a powdery sample (several tens of mg) through which the spark flashes. With this simplified tester, the sensitivities of 21 different explosives are classified into the two levels, fire and nonfire, which respectively correspond to initiating explosives and secondary explosives. The classified levels parallelly correlate with 50% firing energies of the explosives estimated with a conventional type tester, that is, a capacitive spark type tester, except the two of TNT and HNS which are barely initiated but inflammable. Their nonparallelism may be due to the difference in duration time of inductive (several tens of μ sec) and capacitive (3msec.) sparks. The data shown in Table 1 will become the reliable measures for handling hazardous materials. Because the output energy of the tester is far below 20J, the fatal level according to Ieda⁷⁾, and also far below 200J, the maximum allowable level according to Wada.⁸⁾

(* Hosoya Kako Co.,Ltd., 1847 Sugao, Akiruno-shi, Tokyo 197-0801, Japan)