

# 電氣雷管の電橋切斷時間に就て

會員 正 田 強

## 目 次

- |         |            |
|---------|------------|
| 1. 緒 言  | 4. 點火時間の測定 |
| 2. 實驗方法 | 5. 實驗結果の考察 |
| 3. 實驗結果 | 6. 總 括     |

## 1. 緒 言

電氣雷管に電流を通じ始めてより點火薬が発火するまでの時間を點火時間とし、次で點爆藥の爆轟に至るまでの時間を點爆時間とする。而してこの兩者の和を以て電橋切斷時間と考へる。この電橋切斷時間及點火時間を知ることは點火力積<sup>1)</sup>或は限界電流<sup>2)</sup>を求める上に必要であり、不發防止の見地から重要な事項であるが、測定値は極めて少い<sup>3)</sup>。筆者は國産の工業電氣雷管2種に就き電橋切斷時間を陰極線オッシュログラフにより測定した。尙簡單なる實驗より點火時間を推定し、其値より點火力積、限界電流を算出して見たが其正確なる値は後日の實驗に俟たねばならない。

## 2. 實驗方法

BT-140-V 型マツダブラウン管オッシュログラフ装置を用ひ電氣雷管の電橋に通じ始めてより電橋織條が切斷するに至るまでの波形を撮影する。掃引回路と現象回路の調節は鉛球落下式により行

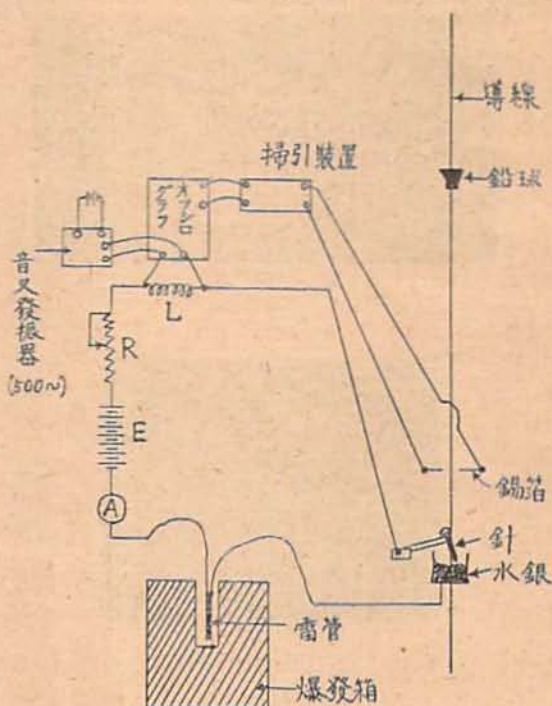


圖 1 實驗裝置

1) 點火力積 (Zündimpuls): 電橋に流れる電流と時間及溫度間の關係は傳導、輻射に依る熱損失を無視すれば、 $Jt = \frac{Tcyq^2}{0.86\omega}$  となる。茲に  $J$ : 電流,  $t$ : 時間,  $T$ : 溫度 °C (自熱織條の溫度又は發火點)  $c, \gamma, q, \omega$  を夫々の織條の比熱, 比重, 斷面積, 比抵抗とする。之では少にすぎるので略近補正式として  $Jt = K \approx 1.5 \times \frac{Tcyq^2}{0.86\omega}$  を用ふ。(Beyling-Drekopf: Spreng- und Zündstoffe S. 187). 上式右邊は或雷管種に就き恒數であるから之を點火力積と呼ぶと、點火力積は電氣雷管點火性に對する一指標となる。

2) 限界電流 (Grenzströme): 電氣雷管を直列に連結した時、先づ最小の點火時間を有するものが點火し、次で爆發する。爆發と殆ど同時に線は切れるから他の凡ての雷管もそれ以前に點火してゐなければならぬ。即ち最小の電橋切斷時間と最大の點火時間が等しい場合がその限界を爲す故この時の電流を限界電流と呼ぶ。限界電流は不發防止上重要なものである。

3) Z. für. gesam. Schiess- und Spreng. 1934. S. 71.

ふ. 結線の概要は圖1の如くである.

時間記録は主として500 $\sim$ 音叉發振器によつたが、尙50 $\sim$ 交流電源をも用いた.

記録可能なる時間範囲は大凡 $1 \times 10^{-1} \sim 2 \times 10^{-1}$ 秒である.

電流は先づ雷管接續前に回路を短絡してアンメーターにて読みをき、次で雷管の抵抗を考慮に入れてこれに流る可き電流を算出する. 尙オッシュログラムよりも検討した.

使用電氣雷管は甲及乙社製6號工業電氣雷管でその抵抗は脚線1尺付のものにて $1.2 \pm 0.1$ オームである. 回路抵抗を大にしてをけば雷管の抵抗差による電流變化は問題とするに足らぬ.

撮影寫眞の1例は圖2に示す如くである. 現象は左側より進行し、最初の跳躍が電流流通の開始、其の連続する間が流通時間、次の跳落が切斷を示す. 跳躍高は電流變化に比例する.  $J$ は通じたる電流、 $t$ は電橋切斷時間である. (乙社製品)

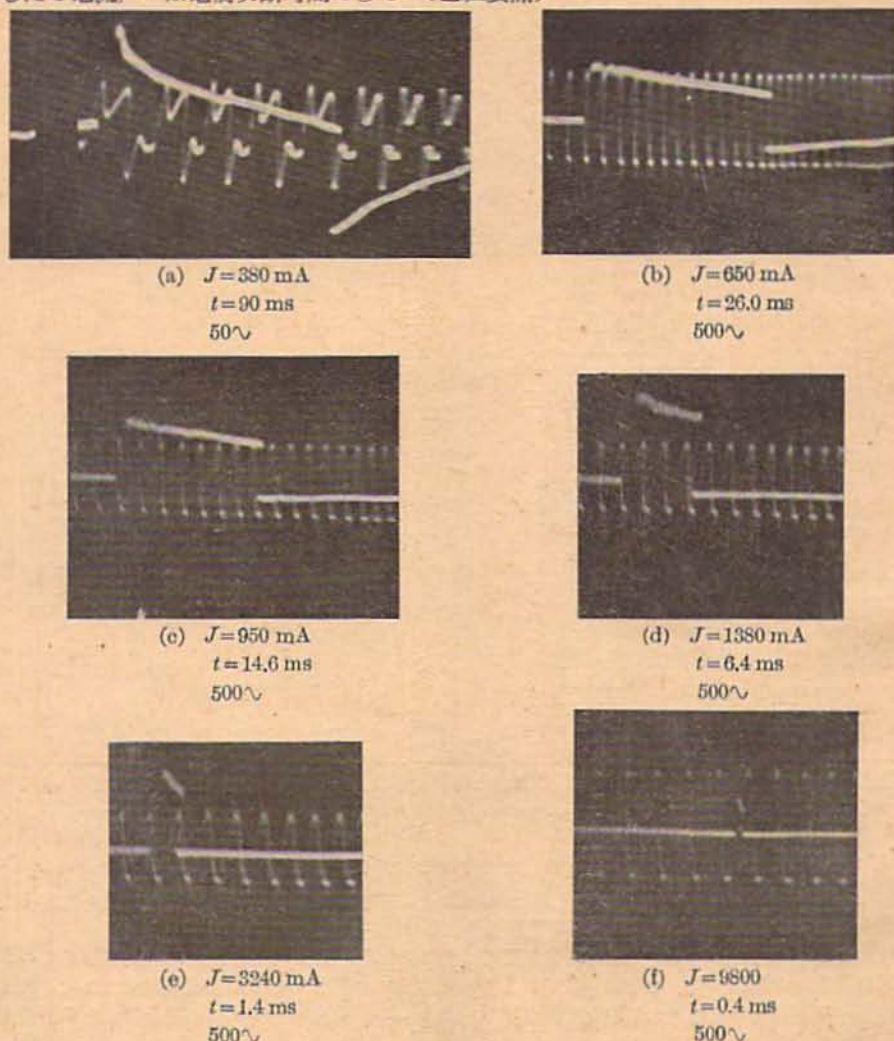


圖 2

### 3. 實驗結果

上記方法により測定せる實驗結果を表示すれば表 1 及 2 となる。

表 1. 甲社 6 號電氣雷管の電橋切斷時間

電流 mA	1140	950	755	650	535	425	415	370
流通時間 ms (電橋切斷時間)	7.8	12.5	19.0	21.0	51.0	1800		
	9.1	11.5	19.0	27.0	53.0	6500	5 min	不爆*
		13.6	21.8			>3 min		
		11.0	17.7			2 min		
		10.4	19.0					
		11.0	19.0					
			20.6					
平均 ms	8.5	11.7	19.4	24.0	52.0	—	—	—

\* 不爆とは 5 本の試料に夫々 10 分間電流を通じても 1 本も爆發せざることを云ふ。

表 2. 乙社 6 號電氣雷管の電橋切斷時間

電流 mA	9800	3240	2540	1380	950	770	650	570	480	380	290	250
流通時間 ms (電橋切斷時間)	0.3	1.4	1.6	6.4	13.2	19.0	31.0	30.4	43.0	100	1000	
	0.4		1.6	7.0	14.6		27.4	32.4	62.0	90	500	
	0.3		1.6	7.0	14.6		27.0	31.0	48.0		1200	不爆
	0.5		1.6	7.0	12.8		27.0		53.0		1000	
	0.3		2.0	6.8			28.0		62.0		>6 min	
	0.4		1.8	6.8			28.0		52.0		>8 min	
			1.4	6.2			26.0		54.0			
						28.0		56.0				
						30.0		50.0				
								56.0				
平均 ms	0.4	1.4	1.7	6.7	13.8	19.0	28.0	31.3	51.1	95	—	—

今此の値をグラフに示せば圖 3 となる。

### 4. 點火時間の測定

點火時間を嚴密に測定する装置が調はなかつたので圖 4 の如き結線を用ひ A 雷管に B 雷管よりも大なる電流を通じて A 雷管の電橋切斷に至る時間をオシログラフにより測定し、その際に B 雷管が爆發するや否やの限界を觀測した。即ち A 雷管の切斷時間以前に B 雷管に點火が生じておれば B 雷管は前者より遅れて爆發する筈であり、點火が生じてみなければ、電流斷絶によつて不發となるであらう。故に B 雷管の爆不爆の限界からその點火時間が與へられるものと考え。斯くして行つた實驗結果は圖 5 に示す如くである。實驗範圍が狭いため正確な事は分らないが點線(圖 5)を以て點火時間曲線の一部と考へると點爆時間(電橋切斷時間と點火時間の差)として 7~12ms 平均 9ms なる値を得る。因に本實驗は乙社製 6 號電氣雷管に就て行つた。

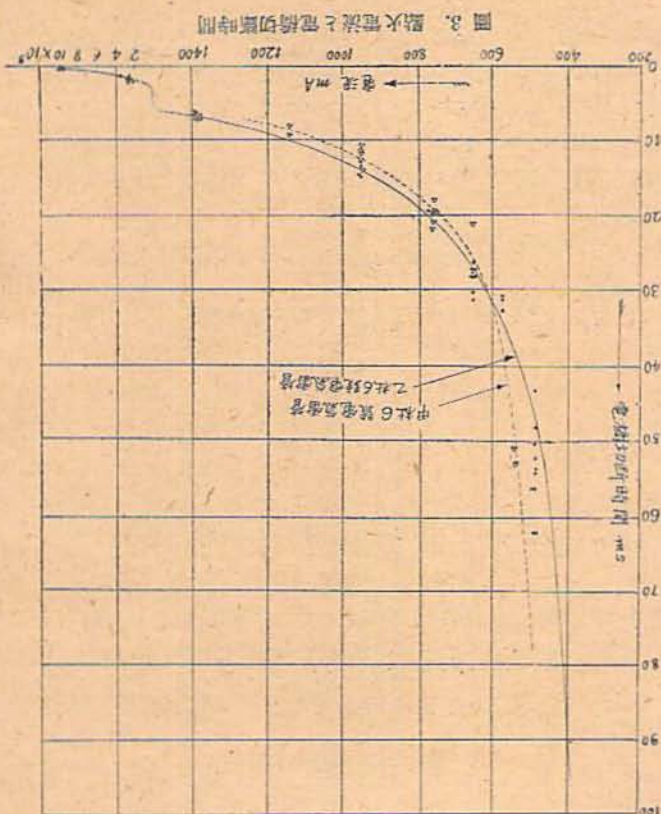


圖3. 點火電流と電橋切斷時間

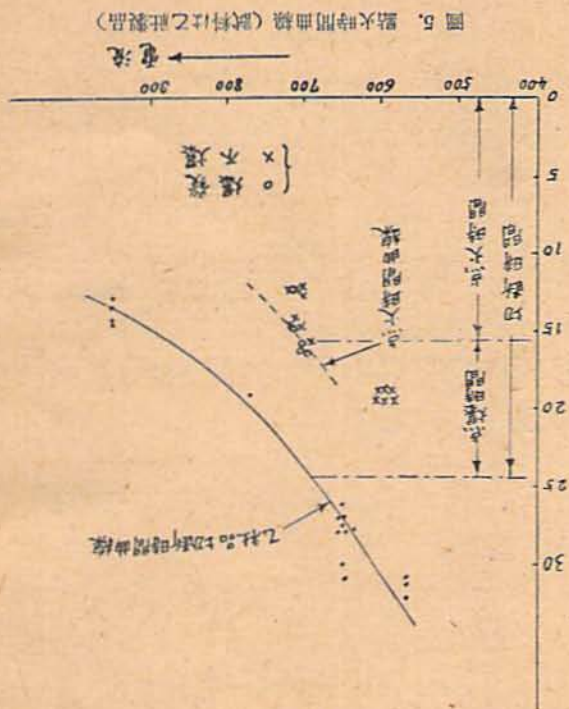


圖5. 點火時間曲線 (試料は乙柱製品)

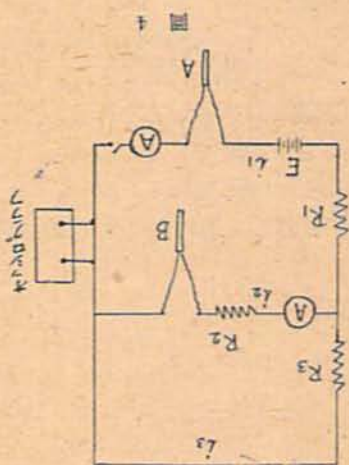


圖4

## 5. 實驗結果の考察

i) 最小點火電流： 小電流では點火に比較的長時間を要し熱損失大となり、温度上昇が一樣に行はれない爲各雷管に就ての電橋切斷時間のばらつきが大となる（表 1, 表 2）. 従つて明確な最小點火電流と云ふものは求め難いが、表 1 及 2 より 甲社製品は 370 mA, 乙社製品は 250 mA 程度の迷走電流に對して安全なりと見做され得やうし、又最小點火電流は甲社製品は約 410 mA 乙社製品は約 290 mA なりと云ふ事も出来よう。

ii) 600 mA 以上の電流に對しては甲、乙兩社製品とも略等しい切斷時間を示してゐるが甲社製品の方が稍短い傾向が認められる。電流を通じたる後電橋が切斷される迄の時間は 1A で略 1/100 sec. である。

iii) 點火時間測定の実験に依り點爆時間は約 9 ms と推定されるから 1.5 A 程度以上では電橋切斷は爆發による以前に燒斷によつて爲されるものと考へられる。

iv) 尙上記點爆時間より點火時間を算出し、點火力積値  $K$  を式  $K = J^2 t$  により算出して見ると表 3 となる。

表 3. 乙社製品の點火力積

電 流 $J$ mA	480	570	650	770
切斷時間 $\theta$ ms	51.1	31.3	28.0	19.0
點火時間 $t$ ms	42.1	22.3	19.0	10.0
點火力積 $K$ mWs/ohm	9.7	7.3	8.0	5.9

尙此の値を用ひて  $J^2 t = 1.5 \times \frac{T \gamma q^2}{0.86 \omega}$  より點火藥の發火點を計算すると電流 770, 650, 570 mA に應じて夫々 275°, 370°, 340°C (但し  $\gamma = 21.5 \text{ g/cm}^3$ ,  $c = 0.032 \text{ cal/g degree}$ ,  $\omega = 0.1 \times 10^{-4} \text{ ohm-cm}$ ,  $q = (0.0015^2 \times \pi) \text{ cm}^2$  とした) なる値を得る。點火力積及發火點の値が餘り良い一致を示してゐないのは點火時間測定の不正確に依るものであるが、略近的に其の見當だけは推測し得る。

v) 點爆時間一定と見做せば各電流に就ての電橋切斷時間の開き（ばらつき）は圖 3 より算出せられ圖 6 が得られる。このばらつきが最小の點爆時間 (7 ms) より小なる電流部分では雷管を直列に連結しても切斷が生ずる以前に凡てが點火してゐるから不發は生じない。そして圖 6 上より求めた限界の電流は 620 mA となる。

vi) 電流が大に過ぎた時、或雷管の電橋が燒斷される前に全雷管に點火が起つてゐなければ不發を生ずる。従つて最大の點火時間と最低の燒斷時間とが等しい

時が限界電流の上限を成す譯であるが、斯かる大電流の場合には點火時間も亦極めて短く、測

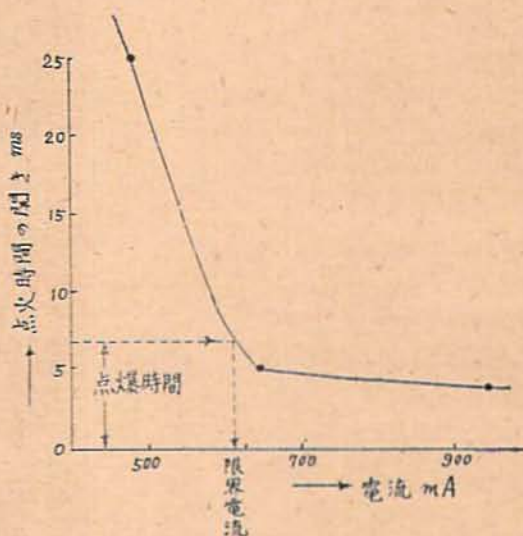


圖 6. 點火時間の開き（ばらつき）

定が困難であるため、上部限界電流は決定することを得なかつた。

## 6. 總 括

- i) 國産電氣雷管 2 種に就き電橋切斷時間を電流の廣範圍に互つて測定した。
- ii) 最小點火電流は甲社品約 400 mA, 乙社品約 300 mA でありこの程度の迷走電流に對して注意を拂ふ必要がある。又乙社品を確實に點火するには 620 mA 以上の電流を要し、その際の電橋切斷時間は約 30 ms である。
- iii) 計算より求めたる點火藥の發火點  $270\sim 370^{\circ}\text{C}$  は稍高きに過ぎるやうであるが推論が術外れではない證左となるであらう。

本實驗に當り種々御懇切なる御助言を賜はつた山家、山本兩先生及御協力下さつた須永、茂木兩氏に深甚の謝意を表す。尙本研究の1部は日本學術振興會第2特別委員會山本委員援助費を以て行はれたものである事を附記し同會に感謝の意を表す。 (終)