

## 報 文

## 電気雷管に関する研究

第五報 テトラセン及びチアゾチニトロフェノールの  
点火玉としての特性について

(昭和26年9月10日受理)

岡崎 一正・柳澤 剛

(東京大学工学部火薬学教室)

## I 緒 言

従来の綿薬式電気雷管では電橋と綿薬との接触不均一が点火時間不斉の一因と見なされ、点爆時間もかなり長くて偏差が著しいので最適の電流を通じても瞬発並びに完全な斉発を期し難い。電気雷管の性能として点火時間及び点爆時間の均一性が強く要求せられる現在に於ては、このような型式は不適当で我国に於ても点火玉が一般に採用せられるようになった。点火玉では電橋と点火薬との接触不均一性が除去せられるので適当な薬剤を用いれば点火時間の均一度を高めることができる筈である。

点火玉の薬剤としては既に多くの易燃性の単味薬或は混合薬が吟味せられ、一般には有機、無機、金属塩類に鉛塩が多く用いられているようであるが、筆者等は通常の点火電流に対して点火時間が短く、その偏差の少い、而も点爆時間も短くて均一な、即ち瞬発性の良いものとして、比較的低発火点を有する起爆薬に着目し、テトラセン及びチアゾチニトロフェノール(DDNP)を選び、各々の単味又は両者の混合薬、或は各々を主剤としてこれに他の薬剤を配合したものを点火玉にしてその性能を試験した。尚上記の鉛塩の一つとして燃焼の比較的低発火点を有するモノクロレゾルシン鉛及びこれを主剤とした混合薬の点火玉についても比較のために同様な試験を行った。

## II 実験方法及び結果

## 1) 発火点の測定

点火薬を発火させるに要する最小の電流は電橋の条件を一定とすれば点火薬の発火点、熱伝導率及び熱容量などに関係するが、発火点の影響が最も大きいものと思われるので、先づその薬剤を用いた点火玉の性能

の一端を推測し、以後の実験に用いる混合薬の組成を定めるために単味薬及び種々の組成の二味混合薬について Krupp 発火点試験器により、通常の方法で発火点を測定した。

試料は各薬剤の1gに対してゼラチンの4%溶液約1cc及び少量のメタノールを加えて造粒したものとした。結果は図1に略示したように大部分の二味混合薬

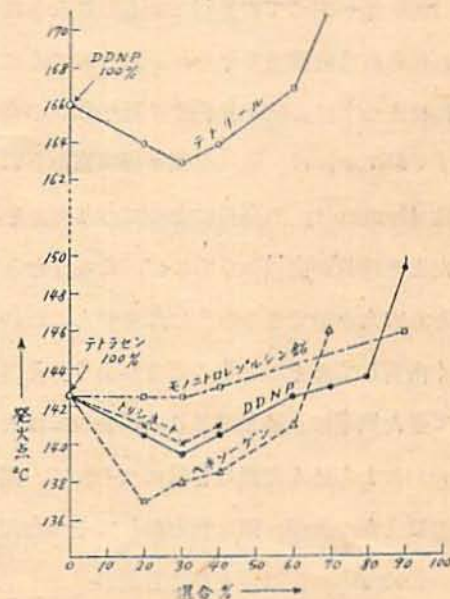


図 1

には夫々発火点最低の混合組成の点が現れた。そこでテトラセン、DDNPを夫々主剤とする二味混合薬にはこれらの発火点最低の組成を選び、全体として表1に掲げた種類の試料について点火玉の性質を吟味す



ることとした。

## ii) 最小完全点火電流及び最大不点火電流の測定

点火に要する最小の電流の低いもの程点火作業には有利であり、一定の点火電流に対する点火時間が概して短く、従つてそのばらつきの時間差も少いことが推測せられるが、他方に於て迷走電流に対する安全度も考慮しなくてはならないので、これら電流値の過高、過低ならざることを望ましい。故に低電流に対する発火の難易並びに迷走電流に対する安全度を吟味するため、各試料について完全点火電流と最大不点火電流とを第一報で述べた方法により測定した。ここでは同一種類の試料 10個 を悉く発火させるに足る最小の

表 1

実験条件：電源…直流 6V

試料の電橋抵抗… $1.15 \pm 0.10 \Omega$

| No. | 点 火 薬 種<br>組 成               | 最大不点<br>火電流<br>(A) | 最小完全<br>点火電流<br>(A) | 発火点<br>(°C) |
|-----|------------------------------|--------------------|---------------------|-------------|
| 1   | テトラセン 単 味                    | 0.26               | 0.32                | 143         |
| 2   | DDNP 単 味                     | 0.25               | 0.33                | 166         |
| 3   | { テトラセン 70<br>DDNP 30        | 0.23               | 0.26                | 140         |
| 4   | トリシネート 単 味                   | 0.34               | 0.40                | 275         |
| 5   | { テトラセン 70<br>トリシネート 30      | 0.25               | 0.30                | 140         |
| 6   | { テトラセン 80<br>ヘキサゾゲン 20      | 0.30               | 0.35                | 137         |
| 7   | { DDNP 70<br>テトリール 30        | 0.29               | 0.37                | 163         |
| 8   | モノニトロゾルシン鉛<br>(中性塩) 単 味      | 0.28               | 0.32                | 211         |
| 9   | { モノニトロゾルシン鉛 90<br>テトラセン 10  | 0.25               | 0.32                | 146         |
| 10  | { モノニトロゾルシン鉛 70<br>トリシネート 30 | 0.31               | 0.36                | 222         |

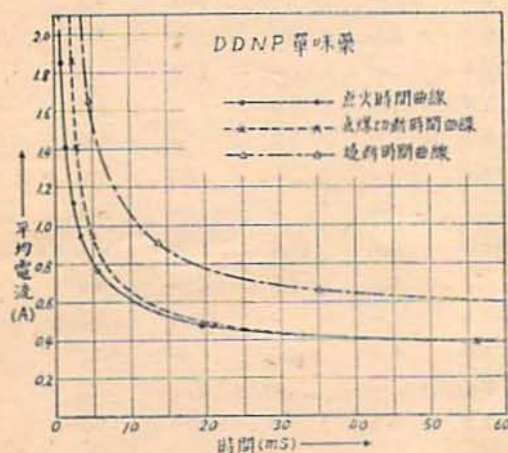


図 2

電流を最小完全点火電流とし、10個中の1個も発火しないで耐え得る最大の電流を最大不点火電流とした。

点火玉の試料は前項の場合と全く同率にゼラチンとメタノールを用いて薬劑を電橋に附着させた発火部分のみのもので、1個の薬量は約 20 mg、脚線長は約 10 cm とした。

結果は表1に示した如く、測定電流値の大小が発火点の高低に必ずしも平行していない。これは前項の最初に述べたように点火薬の発火を支配する因子は点火薬の発火点以外にもあるからである。

因に従来の綿薬式では油溶法による発火点が  $186^{\circ}\text{C}$  の綿薬に対して同一条件下で測定した結果は、最大不点火電流が 0.24 A、最小完全点火電流が 0.31 A であった。

## iii) 点火時間、点爆時間及び焼断時間の測定

各薬種の点火玉を雷管に装着した電気雷管の各5個宛について第3報の方法(電磁オシログラフによる測定法)によつて点火時間、点爆時間、或は点爆切断全時間(点火時間と点爆時間との和)を測定し、夫々の偏差を求めた結果を表2に示した。

テトラセン単味薬 (No. 1)、DDNP単味薬 (No. 2) 及び両者の混合薬 (No. 3) について更に詳細に 0.4~2.0 A の範囲に亘つて上記の諸時間と、発火部分のみの試料で焼断時間をも測定して表3の結果を得た。この結果から電流と各時間との関係を No. 2 については図2に、No. 3 については図3に表わした。但し図3には次の表4の結果をも含ませてある。

No. 1 については図3と殆んど同様な傾向の関係曲線となるので図示を省略した。

この実験では流すべき電流の強さに応じて電源の電

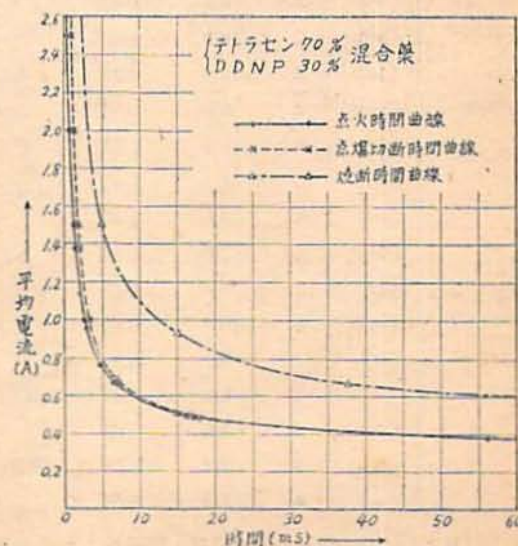


図 3



表 2

実験条件：電源…直流 2V，流通初電流…0.7A

試料（電氣雷管）の抵抗… $1.40 \pm 0.05 \Omega$ 

| 点火薬種<br>No. | 点火時間<br>(ms) |                   | 点爆時間<br>(ms) |          | 点爆切断全時間<br>(ms) |          |
|-------------|--------------|-------------------|--------------|----------|-----------------|----------|
|             | 平均           | 最大, 最小の差 $\Delta$ | 平均           | $\Delta$ | 平均              | $\Delta$ |
| 1           | 7.1          | 1.3               | 0.6          | 0.3      | 7.7             | 1.5      |
| 2           | 7.5          | 1.8               | 1.7          | 0.3      | 9.2             | 1.9      |
| 3           | 6.4          | 0.6               | 0.5          | 0.2      | 6.9             | 0.4      |
| 5           | 6.9          | 0.6               | 0.7          | 0.4      | 7.6             | 0.6      |
| 6           | 7.5          | 1.7               | 偏差著大         |          | 偏差著大            |          |
| 7           | 12.0         | 3.1               | 3.6          | 3.5      | 15.6            | 6.6      |
| 8           | 10.5         | 3.6               | 13.3         | 12.4     | 23.8            | 9.9      |
| 9           | 11.3         | 2.0               | 17.7         | 12.6     | 29.0            | 11.6     |
| 10          | 11.8         | 4.6               | 1.7          | 1.4      | 13.5            | 4.3      |

表 3

| 点火薬種  | 区分  | 電源<br>電圧<br>(V) | 初電流<br>(A) | 平均電流       |            | 点火時間<br>(ms) | 点爆時間<br>(ms) | 点爆切断<br>全時間<br>(ms) | 燃断<br>時間<br>(ms) | 点火<br>力積<br>(mWs/ $\Omega$ ) |
|-------|-----|-----------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------------|------------------|------------------------------|
|       |     |                 |            | 点火迄<br>(A) | 燃断迄<br>(A) |              |              |                     |                  |                              |
| No. 1 | (a) | 2               | 0.5        | 0.49       | —          | 57.7         | 0.5          | 58.2                | —                | 13.9                         |
|       | (b) | 2               | 0.7        | 0.675      | —          | 7.1          | 0.6          | 7.7                 | —                | 3.2                          |
|       | (a) | 4               | 0.8        | 0.775      | 0.67       | 5.0          | —            | —                   | 43.0             | 3.0                          |
|       | (b) | 4               | 1.0        | 0.97       | 0.83       | 3.0          | —            | —                   | 20.6             | 2.8                          |
|       | (a) | 4               | 1.2        | 1.13       | 0.91       | 2.3          | —            | —                   | 14.6             | 2.9                          |
|       | (a) | 6               | 1.5        | 1.44       | —          | 1.4          | 0.6          | 2.0                 | —                | 2.9                          |
|       | (b) | 6               | 2.0        | 1.85       | 1.50       | 0.8          | —            | —                   | 4.8              | 2.8                          |
|       | (a) | 2               | 0.4        | 0.39       | —          | 54.3         | 1.5          | 55.8                | —                | 8.2                          |
| No. 2 | (b) | 2               | 0.5        | 0.48       | —          | 19.4         | 1.7          | 21.1                | —                | 4.5                          |
|       | (a) | 2               | 0.7        | 0.675      | —          | 7.5          | 1.7          | 9.2                 | —                | 3.4                          |
|       | (b) | 4               | 0.8        | 0.77       | 0.67       | 5.5          | —            | —                   | 35.1             | 3.3                          |
|       | (a) | 4               | 1.0        | 0.95       | —          | 3.3          | 1.6          | 4.9                 | —                | 3.0                          |
|       | (b) | 4               | 1.2        | 1.12       | 0.91       | 2.4          | —            | —                   | 13.6             | 3.0                          |
|       | (a) | 6               | 1.5        | 1.41       | —          | 1.4          | 1.5          | 2.9                 | —                | 2.8                          |
|       | (b) | 6               | 2.0        | 1.86       | —          | 0.8          | 1.5          | 2.3                 | —                | 2.8                          |
|       | (b) | 6               | 2.0        | 1.88       | 1.65       | 0.8          | —            | —                   | 4.5              | 2.9                          |
| No. 3 | (b) | 2               | 0.4        | 0.39       | —          | 56.1         | —            | —                   | $\infty$         | 8.5                          |
|       | (a) | 2               | 0.5        | 0.49       | —          | 17.0         | 0.5          | 17.5                | —                | 4.1                          |
|       | (b) | 2               | 0.7        | 0.67       | —          | 6.4          | 0.5          | 6.9                 | —                | 2.9                          |
|       | (b) | 4               | 0.8        | 0.77       | 0.575      | 4.6          | —            | —                   | 37.5             | 2.7                          |
|       | (a) | 4               | 1.0        | 0.95       | —          | 3.0          | 0.5          | 3.5                 | —                | 2.7                          |
|       | (b) | 4               | 1.2        | 1.13       | 0.93       | 2.1          | —            | —                   | 14.9             | 2.7                          |
|       | (a) | 4               | 1.5        | 1.37       | —          | 1.4          | 0.6          | 2.0                 | —                | 2.7                          |

註：(a)……電氣雷管の試料，脚線長 1.2m，抵抗  $1.40 \pm 0.05 \Omega$ (b)……発火部分のみの試料，脚線長 0.1m，抵抗  $1.15 \pm 0.01 \Omega$



圧を変え、而もこの程度の低い電圧の場合には点火、或は接断時に流れる電流が著しく変化するので、電流としては初電流をとらないで点火時間に対しては、点火迄の、接断時間に対しては接断迄の平均電流、厳密には電流積分から求めた電流の実効値をとって電流と時間との関係を示した。かくすれば電源の電圧には無関係に不変電流に対する関係が得られる筈である。この点を更に確かめるために均斉度の最も高い No. 3 の電気雷管について電源の電圧を 100 V に高めて不変電流に対する点爆切断全時間を測定した。点爆時間について表 3 の値を見ると、測定した電流の範囲では殆んど不変で、No. 3 については約 0.5 ms であるので、ここで求めた点爆切断時間から 0.5 ms を減じたものを不変電流に対する点火時間と推定した。これらの測定値と推定値とを表 4 に示したが、電流と時間との関係は上記の平均電流と時間との関係と全く一致するので結局この測定値並びに推定値を含めて 図 3 の曲線を画いた。従つて直流電源の電圧が低くて流れる電流が時間

表 4

実験条件：電源…直流 100V

試料(電気雷管)の抵抗… $1.40 \pm 0.01 \Omega$ 

| 電流<br>(A) | 点爆切断<br>全時間<br>(ms) | 点火時間<br>(推定)<br>(ms) | 点火力積<br>(推定)<br>(mWs/ $\Omega$ ) |
|-----------|---------------------|----------------------|----------------------------------|
| 0.5       | 16.35               | 15.85                | 4.0                              |
| 0.505     | 15.01               | 14.51                | 3.7                              |
| 0.7       | 6.75                | 6.25                 | 3.1                              |
| 1.0       | 3.40                | 2.90                 | 2.9                              |
| 1.5       | 1.74                | 1.24                 | 2.7                              |
| 2.0       | 1.20                | 0.70                 | 2.8                              |
| 2.5       | 0.92                | 0.42                 | 2.6                              |

\* 各 5~10 発砲の平均値

と共に減少する場合には上記の如く平均電流をとって不変電流に対する各時間の関係を表わすものと見なし、殆んど誤差のないことが認められる。

## III 総 括

テトラセン及び DDNP の点火玉薬剤としての諸性質を吟味することを主目的として若干の単味薬或は二

味混合薬からなる点火玉の性能を試験したのであるが、テトラセンも DDNP も発火点が適度に低い起爆薬であるので、これらを用いた点火玉では予期した通り点火及び点爆時間が極めて短く、夫々の偏差も少く、而も点火玉型式の採用によつて速走電流に対する安全度も概して高いことが認められた。瞬発性並びに均斉度の点では殊に両者の混合薬で最低の発火点を示す組成の薬剤からなる点火玉が最も優れ、テトラセンとトリネートとの混合薬がこれに次いでいる。

他方に於て点爆時間の極端に短いことは直列斉発で不発なきための条件にとつては不利で斉発の最低限界電流が高くなる恐れがあるが、点火時間の偏差をこの程度に止めて点爆時間のみを延ばすことはさほど困難な問題ではない。又点爆時間については点火薬のみを対象にしないで当然点爆薬と併せて検討すべきである。

モノエトロールソルシン鉛ではその燃焼性から推測せられる通り点爆時間が甚だ長く、直列斉発には有利のようであるが、その偏差が著しく、点火時間のばらつきも大きいので高斉度を期待し得ない。

緒言で述べたように点火玉型式では電橋と点火薬との接触は確実であるが、なお点火時間に偏差を生じ、又、最大不点火電流と最小完全点火電流との間にかなりの開きが生ずるのは電橋の性質、寸度、形状などにもよることは勿論であるが、電橋に附着する点火薬の量と形とに大いに起因し、薬量が多くなる程、又電橋が薬中に深く封入せられる程、電橋の熱損失が多くなり、発火し難くなるからである。点爆時間も亦薬量の影響を受けるであろうから、点火薬の附着量と形状とを均等にすることが均斉度を高めるためには肝要である。

最後に本研究を行うに当つては、文部省科学研究費の援助を受けたことを感謝すると共に、点火薬の合成に種々御盡力された菊池正三郎氏、月井武雄氏及び根元嘉信氏に厚く御礼を申述べらる。

## 文 献

- 1) 岡崎：工業火薬協会誌 9 (23), 110 (1949)
- 2) 同上 10 (27), 169 (1950)

Studies on Electric Detonators V  
Properties of Some Electric Fuse Heads

By Kazumasa Okazaki and Takeru Yanagizawa.

In order to obtain an instantaneous low tension detonator with high accuracy, the important features of electric detonators, such as the least firing current, time-lags for ignition and detonation, etc., were determined with several kinds of ignition compositions in the form of electrically fired fuse-head comprising mainly tetracene or diazodini-



trophanol.

Among the ignition compositions used in this experiment, the mixture consisting of 70% tetracene and 30% diazodinitrophenol which has the lowest ignition point in the mixtures of these two components showed the most excellent results as for the instantaneous firing.

For instance, on the electric detonators with ignition charge of this composition, ignition lags were about 3 ms for 1A, 0.7 ms for 2A and initiation lag was 0.5 ms throughout the range of 0.5~2A, and the deviations from average values in each lags were negligibly small.

From the results obtained, it was found that tetracene, diazodinitrophenol and particularly the mixture of the two, are much suitable for ignition charge of instantaneous electric detonators when the high accuracy of firing time is desired.

## 爆薬用原料の乾燥に関する考察

(昭和26年11月10日受理)

山 末 健

(日本化薬厚狭作業所)

### I 緒 言

物質から液体一般に水を除去する場合其の量が比較的少く時に此の操作を乾燥と称する。乾燥されるべき物質には気体、液体及固体の三種類があるが固体の乾燥が最も例が多く通常である。

乾燥用原料にも固体と液体があるが、乾燥操作を行うものは固体のみである。之には水に不溶性物質と可溶性物質の二種類があり、前者には木粉、澱粉、綿糸等があり、後者には硝安、硝石、食塩等が属している。

一般に爆薬は特殊の場合を除き上記の様な原料を配合前に乾燥しているが、成品中に水分を含有する際は其の威力を減じ、爆発性を低下するから之等原料の乾燥作業は成品の品質を左右するもので重要なものである。

爆薬製造工場に於ては斯様な各種原料を多量乾燥しているから、此の乾燥操作の巧拙は成品の品質のみならず、其の生産コストにも多大の影響を及ぼすものである。

一般に前記原料を乾燥する場合夏期と冬期とでは、所要時間が異なる様である。特に硝安の様な吸湿性物質では此の傾向が著しい。それは原料の含有水分、大気の湿、湿度異なる為と考えられる。之等の条件の変

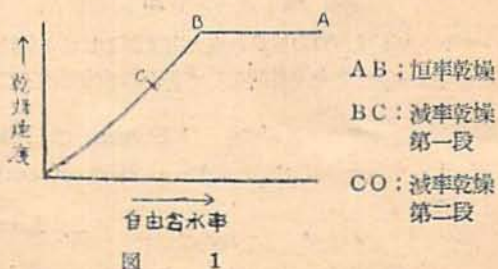
化が乾燥速度に如何なる影響を与えるかを定量的に求めて乾燥作業能率の向上に資したいと思う。

### II 乾燥速度式

#### 1. 文献概要

乾燥速度式に関し従来の研究の中特に参考となる事項を先づ記載する。

(1) 亀井氏に依れば、一般固体の乾燥は恒率乾燥、減率乾燥第一段及同第二段の三段階に分れている。自由含水率<sup>\*</sup>と乾燥速度の関係を図示すれば



\* 或物質の含有水から平衡水分を引いたものを自由水分と呼ぶ。自由水分の之を除いた乾燥材料に対する割合を百分率で表わしたものを、自由含水率と称する。