

のと考えられる。即ち薬の本性に基く爆速の安定性が悪い場合、又は先行圧縮のため死圧になつて残留薬を生ずるのではなく、上述の如く爆轟の伝播し難い外的条件の重疊によつて生ずるのである。更に換言すれば死圧が残留の原因ではなく残薬を生じた結果、爆圧により死圧に近いまでに圧縮硬化するものである。

終りに本実験に当り御援助を賜つた。太平鉛業振興会、鉛業所並に実験に協力された阿部隆吉、松田政昭両君に深甚の謝意を表す。

文 献

- (1) 南坊平造: 採鉱火薬学 99 (昭 22)
- (2) H. Eyring, "The Stability of Detonation" 153 (1948)
- (3) 山本祐徳: 火兵学会誌 3巻 4号 308 (昭 17)  
山本祐徳, 太原正: 火兵学会誌 31巻 1号 40 (昭 12)
- (4) 南坊平造: 採鉱火薬学 64 (昭 22)  
鈴木富治: 火薬協会誌 2巻 3号 223 (昭 16)
- (5) 山本祐徳: 火薬協会誌 3巻 4号 316 (昭 17)
- (6) H. Eyring, "The Stability of Detonation"

### A Consideration of the Phenomena of Cartridges Remaining Unexploded after Blasting

by Tadashi Ohara, Katsueichi Sakamoto

Cartridges (mainly ammonium nitrate explosives) charged in boreholes remain unexploded occasionally in blasting works. Experiments in long iron pipes showed that no cartridges remained, if they did not absorb the moisture or cake together. Experiments also showed that though the detonation velocity fluctuates rather widely, we were not able to detect the tendency of the detonation to fade at ordinary diameters. The failure of detonation seems chiefly due to the absorption of moisture or the caking which results in the decrease of sensitiveness and brisance.

(Asahi Kasei Co., Ltd.)

## 高周波感応による電気雷管の発火

### 第二報 高周波乾燥装置についての実験

(昭和 27 年 9 月 5 日 受理)

岡 崎 一 正

(東京大学工学部火薬学教室)

#### I 緒 言

高周波乾燥装置は周知の如く高周波回路の電極内で電気絶縁物と高周波電界によつて生ずる誘電体損を利用して加熱乾燥する装置である。従つて高周波発振器を主体とするものであから上記電極内では勿論のことこの装置の附近に於ても電気雷管発火の可能性が充分にあるものと考えられる。

電極内での発火は例えば雷火玉を被乾燥物とするような場合に問題になり、これについても若干の実験を試みたが未だ充分に雷火玉の発火を支配する諸因子間の関係を求め得る迄に至つてないので、本報では装置

の附近に於ける実験について述べる。

高周波乾燥装置の発振周波数は、数百乃至数千メガサイクルという高いものもあるが、通常数メガサイクル乃至数十メガサイクル<sup>1)</sup>の程度で、短波の領域に属する高周波を発振していることになるので、その発振コイルに生ずる磁気線による誘起電流については既にオ一報<sup>2)</sup>に報告したものと類似の結果が得られるべきである。従つて本実験では電極とアースとの間に於て電気雷管に誘起される電流の吟味を主眼とし、磁気的の要素は無視して専ら静電氣的に考察することとする。

## II 実験方法

電極とアースとの間に装置の高周波回路とは別個に独立した導線が存在するとき、この導線に生ずる誘起電流を支配する因子は、1. 発振周波数、2. 電極の形状寸度、3. 電極の電圧、4. 電極の導線及びアースに対する幾何学的関係位置、5. 導線自身の抵抗、などである。

電気雷管の脚線をかかる導線とし、上記の因子中 1、2 及び 3 を一定にし、主として 4 の条件を種々に変えて実験を行った。

即ち図 1 に実験方法の一例を示したが、全体を通じて

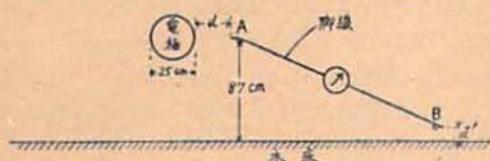


図 1

て一定に保つた条件は次の通りである。

発振周波数：23MC

電極の形状：円形平行平板型

電極の寸度：極板直径 25cm、極板間隔 3cm

電極の電圧：1350V

脚線は最も普通の径 0.45mm、綿糸被覆銅線で、最初電極を取除き、この位置に高周波電流計を入れて誘起電流を測定し得るようにした。図に示した様に脚線を開いて一直線に伸ばした全長は 210~220cm で、A 及び B は絶縁体で脚線を固定した点である。そして以下に述べる如くこの脚線の位置及び形状を種々に変え、最後には木床上に銅板を置き、又電極、点火玉付脚線でも実験を行った。

## III 実験結果

i) 脚線を極板面に平行に張つた場合

図 1 の如く脚線の一部を一極板端から  $d$ (cm) 離して極板面に平行に張り、他端を床に接近し(床との距離  $d'$ ) 又は接触 ( $d'=0$ ) させた場合に流れる誘起電流  $I_r$  を測定した。その結果を表 1 及び図 3 に示す。

即ち脚線が極板から遠ざかる程、又床から離れる程  $I_r$  は減少する。

ii) 脚線を極板面に傾斜させて張つた場合

図 2(1) の如く脚線を極板面の延長と  $45^\circ$  の角度で張り、 $d=1$ cm、 $d'=0$  で測定して  $I_r=260$ mA であった。即ち前項の場合と同値であった。

表 1

d (cm)	d' (cm)	$I_r$ (mA)	d (cm)	d' (cm)	$I_r$ (mA)
0.5	0	270	3	4	230
"	5	255	"	50	220
"	50	245	5	0	230
"	0	260	8	"	220
"	5	250	10	"	215
"	50	240	13	"	200
2	0	250	15	"	195
"	5	240	20	"	175
"	50	235	25	"	165
3	0	240	30	"	150
"	2	230	35	"	135

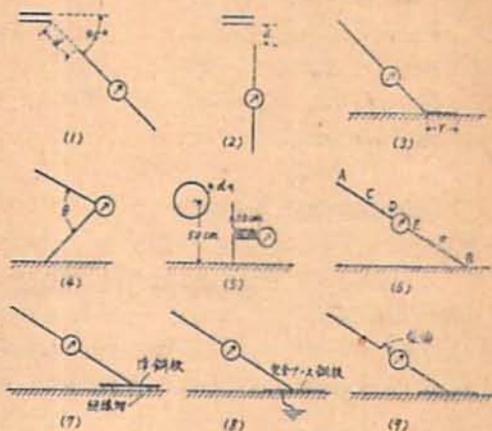


図 2

iii) 脚線を極板面に直角に張つた場合  
更に脚線と極板面との角度を図 2(2) の如く  $90^\circ$  にした場合には表 2 及び図 3 の結果を得た。

表 2

d (cm)	d' (cm)	$I_r$ (mA)	d (cm)	d' (cm)	$I_r$ (mA)
1	0	300	10	0	260
2	"	300	20	"	215
3	"	295	50	"	135

平行の場合に比して  $I_r$  が若干増大している。

iv) 脚線の下端を床上に置いた場合

前項と同様に脚線を極板面に直角に張り、且つその下端の一部  $\gamma$ (cm) を図 2(3) に示した如く床上に置いたとき、 $d=20$ cm に於ける結果は表 3 及び図 4

に示す通りで  $I_r$  は  $\gamma$  と共に増大する。

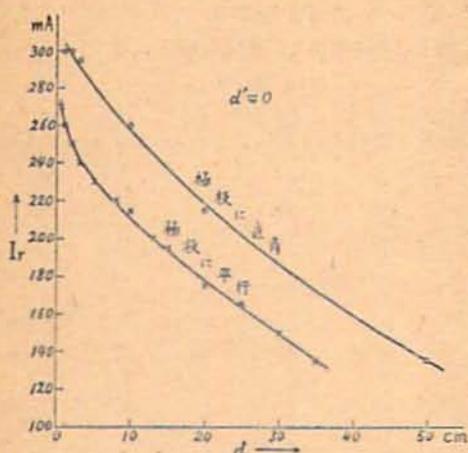


図 3

表 3

$\gamma$ (cm)	$I_r$ (mA)	$\gamma$ (cm)	$I_r$ (mA)
0	215	40	235
10	220	50	240
20	225	60	240
30	230		

v) 脚線の開き角度を変えた場合

脚線の開き角度を小さくするにつれて  $I_r$  は次第に減少する。例えば i) と同様に脚線を極板面に平行に且つ図 2(4) に於て  $\theta=90^\circ$  にし、 $d=5\text{cm}$ 、 $d'=0$  で測定したときは  $\theta=180^\circ$ 、即ち一直線に張つた場合に比し  $I_r$  が 15mA 減少し、更に  $\theta=45^\circ$  にすると 65mA 減少した。

vi) 脚線を折り曲げて束ねた場合

脚線の形状を図 2(5) の如くにした場合、 $d=1\text{cm}$ 、 $d'=0$  で  $I_r=210\text{mA}$  に減少した。

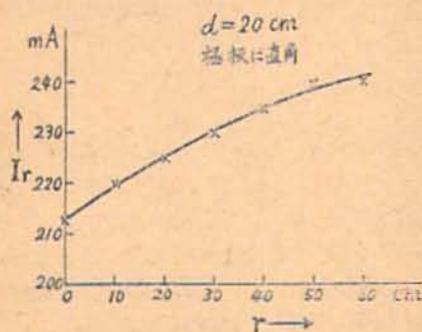


図 4

vii) 脚線の一部に手を触れた場合

実際問題として脚線を手で保持した場合が考えられるので iii) の條件で  $d=20\text{cm}$ 、 $d'=0$  なるとき、順次に図 2(6) に示した A, C, D, E, F, B の位置で脚線を握つたときの電流を測定した。測定値は上記の順序で夫々 140, 170, 190, 240, 245, 250 mA であつた。即ち把握器が脚線下端の方に移り進むにつれて  $I_r$  は増大し、電流計を境として電極に近い方の脚線部分をつつた場合には、同一條件で脚線を握らない場合よりも  $I_r$  が小さく、床に近い方の部分では逆に大きくなつてゐる。

viii) 床に銅板を置いた場合

以上の実験では床は凡て木板の床であつたが、これが金属板のときには亦電流の値が異なるべきである。以下の実験は木床上に銅板を置き、脚線の下端をこれに接触させて行つた。

先づ其他の條件は i) と同様にして測定した結果を表 4 及び図 5 に示す。

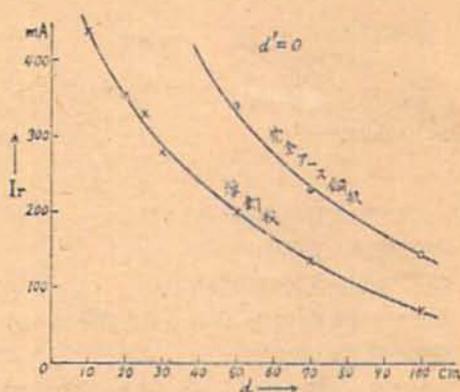


図 5

表 4

d (cm)	$I_r$ (mA)	
	浮銅板 <sup>a)</sup> に接触	完全アース銅板 <sup>b)</sup> に接触
5	450以上 <sup>c)</sup>	450以上 <sup>c)</sup>
10	440	"
20	355	"
25	330	"
30	280	"
50	200	340
70	135	230
100	70	145

註: a) 浮銅板とは図 2(7) に示した如く床との間を絶縁して置いた銅板

b) 完全アース銅板とは図 2(8) に示した如く

完全にアースされた銅板

c) 測定に用いた電流計は450 mA迄のもので  
 満つたからこれ以上は測定不能

かくの如く脚線下端のアースが完全になるにつれて  
 $I_f$ は著しく増大する。

ix) 電橋付脚線の場合

他の条件は前項と同様にして図2(9)に示した如く  
 抵抗約1.2Ωの電橋が直列に入つた場合に $I_f$ は $d=$   
 $70\text{cm}$ で浮銅板に接触させたとき135mA,完全アース  
 銅板のとき235mAであった。従つて電橋なき場合の  
 値と殆んど同じである。

x) 点火玉の発火試験

電橋を付した場合の結果は上記の通りであるが、更  
 にこの電橋にテトラセン70%, DDNP30%の組成  
 を有する点火剤を膠着させた点火玉付脚線を以てこれ  
 の発火電流を確かめた。

先づ前項と同様な条件(但し脚線下端は浮銅板に接  
 触)で発火電流を測定して次の結果を得た。

表 5

d (cm)	$I_f$ (mA)	発否	d (cm)	$I_f$ (mA)	発否
48	250	不	30	340	発
45	260	不	32	330	不
40	280	不	30	340	発
35	300	不			

次に電流計の影響の有無を確かめるために電流計を  
 接続しないで試験した。そして $d=50\text{cm}$ で浮銅板の  
 ときは不発,完全アース銅板ならば発火した。表4に  
 於て $d=50\text{cm}$ なるとき $I_f$ は浮銅板で200mA,完全  
 アース銅板では340mAであるからこの場合にも340  
 mA附近で発火したものと推定すれば電橋を流れる電流  
 は電流計を入れても殆んど影響を受けないものと考え  
 られる。

尚この点火玉は直流に於ても最低発火電流が340  
 mA附近にあるので,かかる誘起電流による発火も直  
 流のときと同様に考えて差支ないものと認められる。

#### IV 考 察

電極,アース間の脚線に誘起される電流の強さは $I$   
 に述べた誘起因子により左右されるのであるが,電極の  
 アースに対する電圧を $E$ とすれば次式にて表わされる

$$I_f = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

茲に  $Z_1$ : 脚線上端と極板間のインピーダンス

$Z_2$ : 脚線の見掛けの抵抗で表皮作用を考え  
 入れた交流抵抗

$Z_3$ : 脚線下端とアース間のインピーダンス  
 である。

今得られた結果につき $I_f$ の増減の原因を究明す  
 るために図6の如き最も簡単な等価回路を考える。  
 然るときは上記の $Z_1$ は主として $C_1$ によるもの, $Z_2$

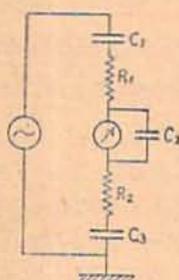


図 6

は $R_2$ ,  $C_2$ 及び $R_2$ の一部  
 によるもの, $Z_3$ は $C_3$ と $R_2$   
 の一部によるものである。

先づ II, i) の結果につい  
 て $d$ が増せば $I_f$ が減少する  
 のは $C_1$ が減少して上式の $Z_1$   
 が大になるからであり, $d$ の  
 増大によつて $I_f$ が減少する  
 のは同様に $C_3$ が減少して $Z_3$   
 が大になるからである。

次に iii) に於て脚線が極板面に直角になると $I_f$ が  
 増すのは $C_1$ が大になるからである。

iv) に於て $\gamma$ と共に $I_f$ が増すのは $C_3$ が増大し  
 $Z_3$ が減少するためである。

v) に於て $\theta$ が小になれば,又 vi) に於て脚線を  
 束ねれば共に $C_2$ が増すために電流計に流れる電流が  
 減少する。

vii) に於て手を電流計より極板に近い脚線の部分に  
 觸れると上の等価回路には図示してないが,触れた部  
 分よりアースの間に別に低インピーダンスが並列に入  
 るために電流計に流れる電流が減少する。又床に近い  
 部分に觸れると $R_2$ が減り, $C_2$ が増すために $I_f$ が増  
 大する。

viii) 以下に於ては銅板を置くことによつて $C_3$ が  
 増し,完全アース銅板となれば $C_3$ は無限大になるの  
 で $I_f$ は著しく増大することになる。

ix) 以下に於ては電橋が回路に入れば $Z_1$ は増すが  
 $Z_1$ 及び $Z_3$ が $Z_2$ に比し遙かに大であるから全体と  
 して $I_f$ の変化は殆んど起らない。

#### V 結 言

高周波乾燥装置の電極の近傍に於て発振コイルの影  
 響が無視されるような条件下で電気雷管に誘起される  
 べき電流を測定し,点火玉の発火を検討した。脚線の  
 位置及び形状並びに床の状態の差異により誘起電流が  
 著しく増減し,これが点火玉の直流に於ける最低発火  
 電流値に達すると電気雷管が発火爆発することが認め  
 られた。

こゝでは電極の電圧に基く誘起電流のみを対象とし  
 たのであるが,本装置については条件によつては誘言

で述べた発振コイルからの磁力線による感応発火の危険性も当然考えられる。

本実験は旭硝子株式会社研究所の厚意により同所備付の高周波乾燥装置によつて行い得たことを深く感謝すると共に、実験の計畫並びに遂行に当り多大の御指導、御協力を賜つた同研究所の末利志郎氏、友真昌

太郎氏及び佐野省三氏に厚く御礼申上げる。

文 献

- 1) 岡村: 高周波加熱 337 (1949); 電気工学ハンドブック 1514 (1941)
- 2) 岡崎: 工火誌 13, 45 (1952)

## Firing of Electric Detonator Through Absorption of Radio-Frequency Energy. No. 2. Tests on Radio Heater

By Kazumasa Okazaki.

The radio waves from the general type of radio heater are mostly classified into short wave. On the radio-frequency current induced electro-magnetically in the wires of an electric detonator from short wave had been discussed in the previous report. Therefore, in this experiment only the current induced electro statically due to the potential difference between the electrode of a radio heater and the ground was investigated.

The leg wire of an electric detonator was stretched in the electric field between the electrode and the ground, and current measurements and tests of firing were made under various conditions.

It was found that, also in this case, hazardous amount of current for the common types of electric detonator was readily induced. Especially the induced current increased extremely when one end of the leg wire was in close proximity to the edge of the plate of electrode and another end was grounded perfectly.

## ミリセコンド発破の安全性に関する実験

(昭和 27 年 9 月 27 日受理)

村 田 勉 ・ 友 石 尙 之

(日本油脂武豊工場)

### I 緒 言

ミリセコンド発破法は最近我国の金属鉱山に於て普及しつつあるが、これを炭鉱に利用することも採炭能率上好ましいことと思われる。只懸念される点は保安上落支えないか否かである。これは炭鉱保安上の重大な問題で、ミリセコンド発破の安全性は凡ゆる角度から研究し検討すべきことである。

ミリセコンド発破の安全性を実験するためには、実際の切羽で数多くの実験を行うことが望ましいが、それは種々な面で多大の困難が伴う。そこでいくらかでも実際に近い条件で而も或程度再現性のある方法として吾々は、試験坑道を利用しミリセコンド発破のガスに対する安全性を実験している。また実験は続行中であるので充分な結論が出るまでには至っていないが一

応現在までの結果を報告する。

### II 実験装置及び方法

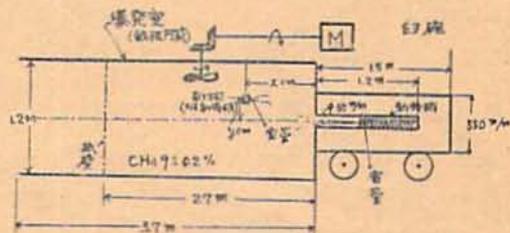


図 1

図1の如く試験坑道内に  $CH_9 \pm 0.2\%$  を入れ、白砲発射と吊し爆発を同時に併用する。白砲孔内に 600g 不引火の検定爆薬たる新特研安ダイナマイト (N. G. 8.0%, N. C. 0.2%, W. M. 4%, S. W. 10%, NaCl