

ビニール脚線付電気雷管を用い脚線部は空中に出して置くか又は絶縁テープを巻いて用いれば乾燥状態に於ける発破と同じ程度の発破が行われる。猶本報告にはコンデンサー式発破器を使用する場合でもその電圧のみを考えて居り電圧のみに左右されるが如き結論を出して居るが厳密にはコンデンサーの容量も考慮に入れるべきは各章にて述べた通りである。

本研究を行うにあたり終始御指導を賜つた工学博士日野能雄氏に厚く御礼申し上げる。又橋本武氏の研究高山英利氏の助言、石川正治氏、加藤清視氏の御協力

に負う所非常に大なるものがある。之等の諸氏に深甚なる謝意を表する。

### 文 献

- 1) 木下四郎：工火協 15卷 1冊 (昭29), 15卷 3冊 (昭29) 16卷 1冊 (昭30)
- 2) 石山舍人：石灰石22号 (昭28)
- 3) 山田正幸外：工火協 14卷 3冊 (昭28)
- 4) 橋本 武：九州鉱山学会誌 21卷 1号 (昭28)
- 5) 日化厚研 E<sub>1</sub> 1952~20号
- 6) 日化折火研 A 第53~58号

## 電気雷管の不発に就て

### 静電容量並に絶縁抵抗に関する実験 (其の一)

(昭和 30 年 7 月 18 日 受理)

山田 正幸・小原 博美

(日本化薬株式会社仁豊野作業所)

### I. 概 説

従来電気雷管を寄発させた時不発を生ずる原因はリーケージに依るものである事は周知の事実であつたが、其の後高周波の影響に依るものであるとの学説も発表され、之に対し種々討論された結果、現在の所不発の原因はリーケージに依るものである事は確実であるが、高周波に依るものである事は未だ確認されていない様である。

然し乍ら多數発結線回路に於てリーケージが全く無ないと想像される切羽に於いても尙不発を生ずることがあるとすれば此の原因が何であるかを探求する必要が認められた。

筆者等は此の目的に關し電気雷管の脚線間又は発破回路配線全体とアースとの静電容量に關し実験を行つた。其の結果脚線間又はアースの間に誘電率大なる鉱石粉が存在する時は両脚線間がコンデンサーの作用をなし電流をチャージアップし電気雷管が不発となる可能性がある事を認め、更にコンデンサー型点火器の能力表現法並に使用法に修正を加える必要がある事を認めた。

### II. 実験の種類

本実験に於ては次の各種の実験を行つた。

(実験第一) 鉱石粉中に於ける脚線間の静電容量の測定。

電気雷管をボアホールに装填する時くり粉が脚線間に介在する場合がある。此時の脚線間の静電容量を測定した。

(実験第二) 脚線間の静電容量の不発に及ぼす限度。脚線間の静電容量がどの位迄大きければ其の雷管が不発になるかと言う事を実験した。

(実験第三) 矩形波発火電流を用いた場合の回路の静電容量と不発率の関係。

脚線間に静電容量がある場合コンデンサーの如き急激な減衰電流を持つ点火器と電池の如き減衰しない矩形波電流を持つ点火器とどちらが有利であるかを実験した。

(実験第四) 多数結線回路の回路相互間並に大地との静電容量の測定。

80発を結線した回路に於て回路相互間の静電容量並に大地に対する静電容量の大さを各種の條件に就き測定し、実験第二の場合と比較した。

(実験第五) 発破回路の接地抵抗の測定。

80発を直列に結線した回路に於て回路相互間の絶縁抵抗並に接地抵抗を各種の條件に就て測定した。

### III. 実験成績並に考察

#### § 1 実験第一

鉱石粉中に於ける脚線間の静電容量の測定。

##### (1) 目的

3m の綿巻脚線とビニール脚線とを空気中及鉱石粉中(生野鉱山金盛21番坑で最も不発を生じ易い場所の黄銅鉱)で密着又は離して配線し、その両脚線間の静電容量を測定する。

##### (2) 実験方法

脚線の布設状況は図1の通りである。

##### (3) 測定器

静電容量は万能測定器(島津製作所製)を用い、又絶縁抵抗は500ボルトメーター(日立製作所製)を用いて測定した。

##### (4) 成績並に考察

###### A) 綿巻線の場合

成績は表1(イ)、(ロ)の通りであつた。

(イ) 両脚線間が密着している場合の方が脚線間の静電容量は大きい。

空気中に於ては密着の時 $32 \times 10^{-6} \mu F$ 、3cm 離した時 $1 \times 10^{-5} \mu F$ であり乾いた鉱石粉中では密着の時 $15 \times 10^{-4} \mu F$ 、3cm 離した場合は $12 \times 10^{-4} \mu F$ であつた。又湿った鉱石粉中では密着 $5 \times 10^{-3} \mu F$ 、3cm 離した場合は $6 \times 10^{-3} \mu F$ でありこの場合は乾いた鉱石粉中の場合と逆傾向であつた。

(ロ) 鉱石粉の存在は脚線間の静電容量を著しく増大する。

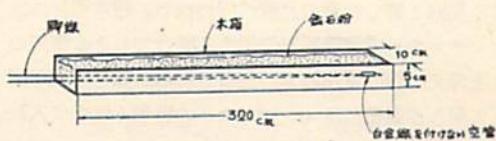


図1 脚線の布設状態

前述の如く空中で $32 \times 10^{-6} \mu F$ のものが鉱石粉中では密着状態で47倍に増大し、特にその脚線間の間隔が大なる時は空中で $1 \times 10^{-5} \mu F$ のものがその距離3cmで $1 \times 10^{-5} \mu F$ の120倍の $12 \times 10^{-4} \mu F$ に増大する。然もこの鉱石粉が湿つている場合は $1 \times 10^{-5} \mu F$ の600倍の $6 \times 10^{-3} \mu F$ に増大する。

(ハ) 鉱石粉中に於けるワーケージは密着の場合は3cm 離れた場合よりも多く出ている。

即ち前者は $5 \times 10^4 \Omega$ (500ボルトメーター)であり、後者は $8 \times 10^4 \Omega$ である。又密着の時乾いた鉱石粉中で $5 \times 10^4 \Omega$ (500ボルトメーターにて測定)であるものが湿つた鉱石粉中で $6 \times 10^4 \Omega$ (横河製 L-16 ゲスター)迄、又3cm 離れた場合は乾燥した鉱石粉中で $8 \times 10^4 \Omega$ のものが湿つた鉱石粉中では $4 \times 10^4 \Omega$ 迄減少している。

これは明かに鉱石粉及水分の導電性に依るものと見られる。

(イ) 以上の実験を確認する為に綿巻線を乾燥した

表1(イ) 鉱石粉中に於ける脚線間の静電容量の測定

30年1月10日測定 気温 6°C 湿度 60%

充填物		脚線間隔	密着 (0cm)	1 cm	3 cm
綿 空 氣	※E— $2 \times 10^{-5} \mu F$ 80MΩ *C— $32 \times 10^{-6} \mu F$ 50MΩ	E— $35 \times 10^{-6} \mu F$ 30MΩ C— $1 \times 10^{-5} \mu F$ 80MΩ	E— $4 \times 10^{-5} \mu F$ 40MΩ C— $1 \times 10^{-5} \mu F$ 80MΩ		
	E— $36 \times 10^{-5} \mu F$ 0.9 MΩ C— $15 \times 10^{-5} \mu F$ 0.05MΩ	—	E— $37 \times 10^{-5} \mu F$ 0.6 MΩ C— $12 \times 10^{-4} \mu F$ 0.08MΩ		
卷 線 綿 湿つた鉱石粉	E— $8 \times 10^{-3} \mu F$ 30KΩ C— $5 \times 10^{-3} \mu F$ 60KΩ	—	E— $75 \times 10^{-4} \mu F$ 20KΩ C— $6 \times 10^{-3} \mu F$ 40KΩ		
	E— $18 \times 10^{-6} \mu F$ ∞ C— $12 \times 10^{-6} \mu F$ ∞	E— $22 \times 10^{-6} \mu F$ ∞ C— $8 \times 10^{-6} \mu F$ ∞	E— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∞ C— $5 \times 10^{-6} \mu F$ ∞		
ビ ニ ル 線 空 氣	E— $11 \times 10^{-5} \mu F$ ∙ C— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∙	—	E— $11 \times 10^{-5} \mu F$ ∙ C— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∙		
	E— $23 \times 10^{-5} \mu F$ ∙ C— $4 \times 10^{-5} \mu F$ ∙	—	E— $1 \times 10^{-4} \mu F$ ∙ C— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∙		
ビ ニ ル 線 空 氣	E— $18 \times 10^{-6} \mu F$ ∙ C— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∙	—			
芯 1 ル 線 乾 燥 した 鉱 石 粉	E— $8 \times 10^{-5} \mu F$ ∙ C— $2 \times 10^{-5} \mu F$ ∙	—			
	E— $2 \times 10^{-4} \mu F$ ∙ C— $3 \times 10^{-5} \mu F$ ∙	—			

※ Eは地面に対する値

\* Cは脚線間の値

鉱石粉中の実験は脚線を挿入してから10分後の測定値を示す。

表1(ロ) 鉱石粉中に於ける脚線間の静電容量の測定  
(鉱石粉中の水分の影響をキャンセルした成績)

30.3.20

密着	
空中(鉱石粉に挿入前)	$1 \times 10^{-4} \mu F$
乾燥した鉱石粉中	$55 \times 10^{-4} \mu F$
空中に引上げた後の値	$25 \times 10^{-5} \mu F$
空中(鉱石粉に挿入前)	$1 \times 10^{-4} \mu F$
湿つた鉱石粉中	$3 \times 10^{-2} \mu F$
空中に引上げた後の値	$1 \times 10^{-2} \mu F$

鉱石粉及湿つた鉱石粉の中に入れ、その時の静電容量を測定し、次に綿巻線を其の儘空中に取り出した時の静電容量を測定し、その差を以つて鉱石粉の静電容量に与える影響とした。これは鉱石粉の微少なる水分の影響をキャンセルする為に行つたものである。

その詳細は表1(ロ)に示す如く、表1(イ)の成績と数字的には違ひがあるが鉱石粉の静電容量に及ぼす影響が数百倍と言う著しい数字を示すことは同様である。

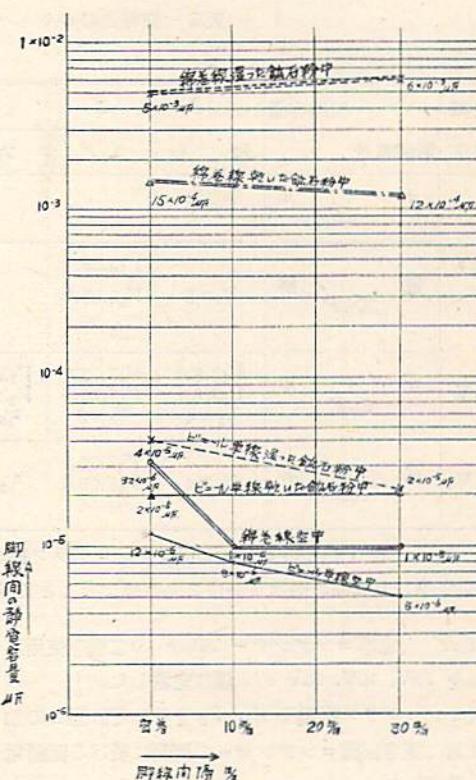
(ロ) 綿巻脚線に於てこの場合の如く濡れている鉱石粉中に於て脚線間の静電容量が  $5 \times 10^{-3} \mu F \sim 3 \times 10^{-2} \mu F$  しかない場合に本雷管が不発になるか否かと云う事は実験第二に示す如く静電容量が  $4 \mu F$  附近で不発の限界を示していることに従事してこの静電容量そのものだけで該雷管の不発を来るものとは思われない。

### B) ピニール線の場合

(イ) 綿巻線の場合に比し空中の場合は大きな差はないが(密着の場合綿巻線は  $32 \times 10^{-6} \mu F$  ピニール線は  $12 \times 10^{-6} \mu F$ )鉱石粉の場合になると急に其の差は増大し、乾燥状態に於て密着の場合、綿巻線は  $15 \times 10^{-4} \mu F$  なるに対し、ピニール線は  $2 \times 10^{-5} \mu F$  で  $1/75$ 、3cm 離れた場合は綿巻線  $12 \times 10^{-4} \mu F$  に対し  $2 \times 10^{-5} \mu F$  で  $1/60$  である。又この鉱石粉が濡れている場合は其の差は一層甚しく密着の場合綿巻線は  $5 \times 10^{-3} \mu F$  なるに比しピニール線は  $4 \times 10^{-5} \mu F$  で  $1/125$ 、3cm 離れた場合は綿巻線  $6 \times 10^{-3} \mu F$  に対し、ピニール線は  $2 \times 10^{-5} \mu F$  で  $1/300$  となる。

(ロ) 前記のピニール線は単線に就て実験を行つた結果を述べたのであるが、これを二芯線に就て比較検討を行つたが両者共殆んど同様な成績となつた。

尙表1(イ)の一部をカーブにすれば曲線1の通りである。



曲線1

## 鉱石粉中に於ける脚線間の静電容量の測定表

(脚線間の間隔と静電容量の関係)

(表1(イ)の曲線)

## § 2 実験 第二

脚線間の静電容量の不発に及ぼす限度

## (1) 目的

脚線間の静電容量がどの位の大きさになれば其の雷管が不発となるかを測定するの目的とする。

## (2) 実験方法

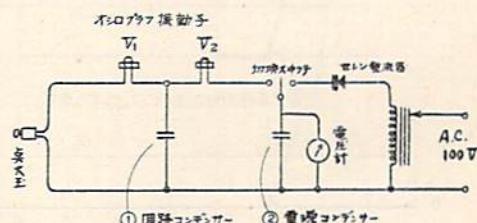
図2の如く脚線間に回路コンデンサー①を白金線に對して並列に置きその容量は最大  $12 \mu F$  迄とし、これを階段的に変化させて試験した。

図2 配線図

又発火電源コンデンサーとしてはオイルコンデンサ

表2 脚線回路のキャパシティの変化と不発との関係

30年1月10日 気温 3°C 湿度 80%

電源	回路容量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
		無し	$1\mu F$	$2\mu F$	$3\mu F$	$4\mu F$	$8\mu F$	$12\mu F$
90V	オイル $8\mu F$	$\frac{3}{3} \times 5$				$\frac{3}{3} \times 3$	$\frac{3}{3} \times 2$ $\frac{2}{3} \times 1$	$\frac{1}{3} \times 3$
	電解 $30\mu F$	$\frac{3}{3} \times 5$	$V_1 2.85A$ $V_2 2.85A$ $\frac{3}{3} \times 3$		$V_1 2.6A$ $V_2 3.05A$ $\frac{3}{3} \times 1$ $\frac{2}{3} \times 1$	$\frac{3}{3} \times 1$ $\frac{1}{3} \times 2$		
75V	オイル $8\mu F$	$V_1 3.8A$ $V_2 3.8A$ $\frac{3}{3} \times 4$	$V_1 3.75A$ $V_2 3.75A$ $\frac{3}{3} \times 3$	$V_1 3.75A$ $V_2 3.75A$ $\frac{2}{3} \times 3$	$V_1 3.6A$ $V_2 3.65A$ $\frac{1}{3}, \frac{2}{3} \times 2$			
95V	電解 $30\mu F$	$\frac{3}{3} \times 4$	$V_1 3.05A$ $V_2 3.05A$ $\frac{3}{3} \times 5$	$\frac{3}{3} \times 3$	$\frac{3}{3} \times 3$	$\frac{3}{3} \times 3$	$\frac{3}{3} \times 3$	$\frac{3}{3} \times 3$

表中  $V_1$ ,  $V_2$  はあるは図2中のオシログラフ振動子のピーク電流である。 $\frac{3}{3}$  は3発直列に充電させて3発完爆した意味、 $\frac{2}{3}$  は3発中2発完爆したことを示す。

-  $8\mu F$  と電解コンデンサー  $30\mu F$  の二種を使用しこれを 75V, 90V, 95V の3種に充電した。

又オシログラフ振動子  $V_1$ ,  $V_2$  をそれぞれ図2の如き位置に置き回路コンデンサーの両側に於ける回路電流を測定した。

### (3) 成績並に考察

A) 成績の詳細は表2並に曲線2に示す。

発火電源コンデンサー②にオイルコンデンサー  $8\mu F$

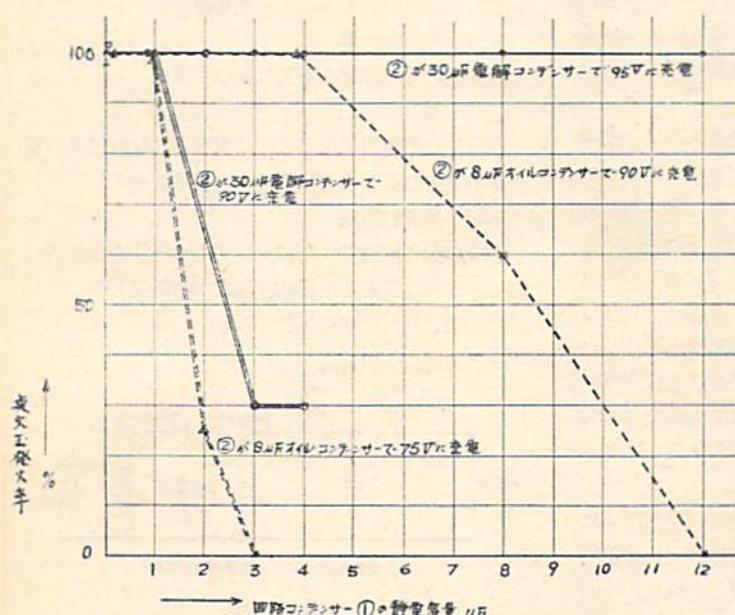
を使用した場合は回路コンデンサー①が  $8\mu F$  附近から不発を生ずる様になり、又電解コンデンサー  $30\mu F$  を使用した場合は、回路コンデンサー①の容量が  $3\mu F$  附近から不発を生ずる様になる。これは点火電流の波形がコンデンサーの放電曲線であり著しいピークを示して居る為回路の静電容量が多くなると電流の尖端が回路の静電容量に充電されて不発となるものと解釈出来る。

然し乍ら電源コンデンサー①の電圧 90V を 95V とし、僅か 5V 上昇しただけで静電容量  $12\mu F$  近くは不発を生じなくなつて居る。

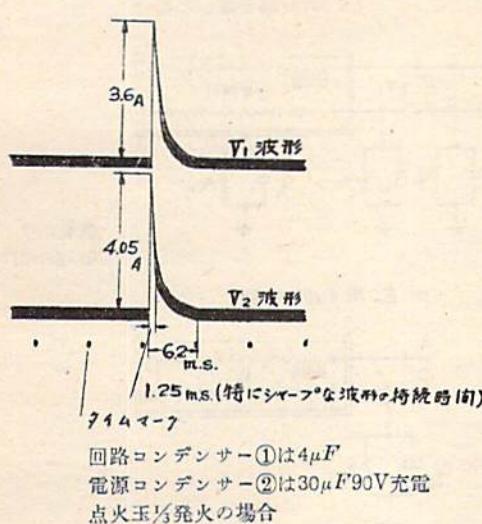
又オイルコンデンサーに於いて電圧を 75V に減じた場合はその不発は僅か  $2\mu F$  位から生じて居り、電圧の変化が静電容量に依る不発に相当大なる影響を与えて居る様である。

B) 回路のキャパシティに電流が吸収されていると云う事は  $V_1$ ,  $V_2$  のオシログラムがこれを表す。即ち図3に示すが如く  $V_2$  のピーク電流は約  $4.05A$  なるに対し  $V_1$  のそれは  $3.6A$  に低下している。

尙本回路の主抵抗は  $V_1$  約  $1\Omega$ ,  $V_2$  約  $1\Omega$ , 白金線並びに脚線抵抗約  $3\Omega$ , 総計  $5\Omega$  に対し  $90V$  の



曲線2 脚線回路のキャパシティの変化と不発との関係



電圧が加えられたのであるから  $V_1$  は約  $18A$  のピーク値を示すべきであるがオシログラフが電磁式であるのと、脚線間の静電容量が考えられるのと、二つの理由に依り僅か  $4.05A$  しか測定されない。この辺の詳細は陰極線オシロを用いる事に依り見極める必要がある。

### § 3 実験 第三

矩形波発火電流を用いた場合の回路の静電容量と不発率の関係

#### (1) 目的

実験第二に於てコンデンサー電源に依る時は回路キャパシティ  $2\sim 8\mu F$  が不発を生ずる限界である事が判つたが、本実験に於ては発火電流が電池の如き矩形波なる場合は如何に変化するかを測定するのを目的とする。

#### (2) 実験方法

図4に示す如く電源②としては平角三号乾電池数個を用い、これに摺動抵抗  $R$  を併用し発火電流を調節した。

回路コンデンサー①及オシログラフ振動子  $V_1 V_2$  の

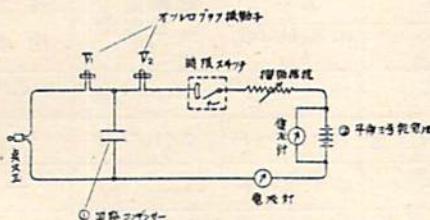


図4 配線図

位置は実験第二の通りであるが、時限スキツチを新たに追加し通電時間を規正した。

#### (3) 成績並に考察

成績は表三に示す通りである。

表3 矩形波電流を用いた場合の回路の

キャパシティと不発の関係

気温  $3^{\circ}\text{C}$  湿度 80%

通電 時間 ms	回路 キ ャ パ シ テ イ 子	無し			$16\mu F$
		$8\mu F$	$16\mu F$		
15ms	$V_1$	0.725A	$3/3 \times 3$	0.74A	$3/3 \times 3$
	$V_2$	0.725A		0.74A	0.75A
2ms	$V_1$	2.18A	$3/3 \times 3$		2.12A
	$V_2$	2.18A			2.18A

A) 雷管の限界発火電流に近い  $0.7A$  を長時間 (15ms) 通じたる場合は図5(イ)の如き矩形を示し、コンデンサーを電源とした時の如きピーカーを生じないのは当然である。

此の場合回路の静電容量に  $16\mu F$  を与えても不発を生ずることはなかつた。

B) 次に通電時間を実際状況に近づけて 2ms とし、これに実際の通電時間に近い  $2A$  を通した処、不発限界は回路の静電容量  $16\mu F$  以上であった。(図5(ロ))

即ち電源がコンデンサーである場合は雷管3発 ( $=3\Omega$ ) に対し 90V に充電したコンデンサーを使用してもその不発限界は回路キャパシティ  $2\sim 8\mu F$  であつた。又数ボルトの如き低い電圧でも回路キャパシテ

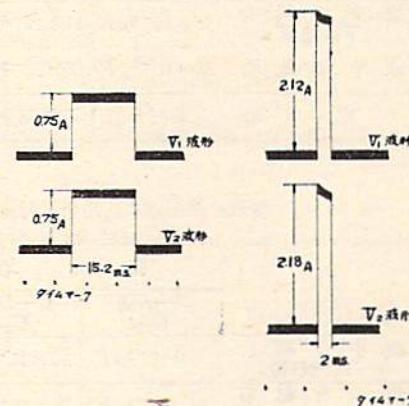


図5 (イ) 通電時間15msの  
(ロ) 通電時間2msの  
場合

図4に於ける  $V_1 V_2$  の流通電流

イに依る不発限界は、電源がコンデンサーの場合に比し2倍以上の大容量であつた。この事実は回路キャパシティに依る不発に対するコンデンサー点火器は著しい弱点を有している事を示している。

#### § 4 実験第四

多数結線回路の回路相互間並に大地との静電容量測定。

##### (1) 目的

実験第三迄は少數の雷管に就き脚線間に於ける静電容量を論じたが本実験では80発(1.5m脚線付)回路に就き回路各部分の相互間並に回路全体と大地間の静電容量を測定した。

##### (2) 実験方法

図6に示す如く鉄槽中に水を張り、其の中に1.5m脚線付電気雷管を80発直列に結線し(結線部は水上に出す)図6(イ)に於いてA点、B点間対O点、D点間の静電容量をC<sub>g1</sub>、又A点、B点間対地面の静電容量をC<sub>g2</sub>、O点、D点間と地面の静電容量をC<sub>g3</sub>、更に鉄槽其のものと大地間の静電容量をC<sub>g4</sub>とし、各々これ等を測定した。

次に図6(ロ)に示すA、B、O、点回路全体と地面

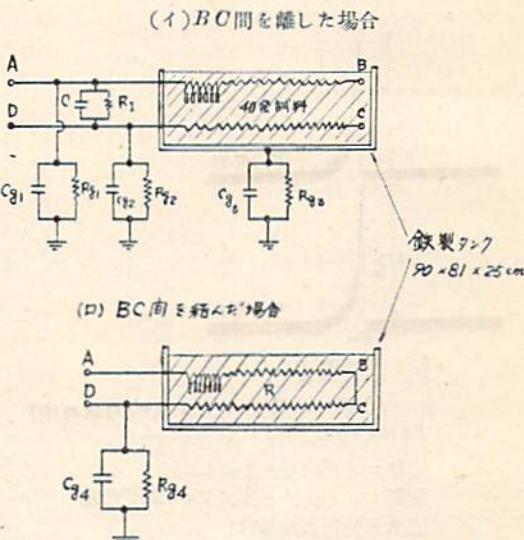


図6 多数結線回路の脚線布設状態図

の静電容量C<sub>g4</sub>を測定し、又比較の為、鉄槽を除いた空中で同様な測定を行つた。

##### (3) 成績並に考察

成績は表4(イ)(ロ)(ハ)の通りである。

表4(イ) 多数結線回路の回路相互間並びに大地との静電容量の関係(鉄槽をアースした場合)

温度 20% 気温 3°C

	接 地 容 量			脚線間の静電容量	齊發結果	備考
	A-B間 C <sub>g1</sub>	C-D間 C <sub>g2</sub>	鉄槽 C <sub>g3</sub>			
綿巻線 空中の場合 (下は地面)	$35 \times 10^{-5} \mu F$	$24 \times 10^{-4} \mu F$	—	$37 \times 10^{-5} \mu F$	$15 \times 10^{-5} \mu F$	—
水中の場合	$66 \times 10^{-2} \mu F$	$56 \times 10^{-2} \mu F$	$8 \times 10^{-1} \mu F$	$7 \times 10^{-1} \mu F$	$66 \times 10^{-1} \mu F$	$80/80$ 水道水中
ビル 単 線 空中の場合 (下は地面)	$46 \times 10^{-6} \mu F$	$37 \times 10^{-6} \mu F$	—	$85 \times 10^{-6} \mu F$	$42 \times 10^{-6} \mu F$	—
水中の場合	$38 \times 10^{-3} \mu F$	$7 \times 10^{-2} \mu F$	$85 \times 10^{-2} \mu F$	$8 \times 10^{-2} \mu F$	$32 \times 10^{-3} \mu F$	$80/80$ 水道水中
測定器	万能測定器	万能測定器	万能測定器	万能測定器	万能測定器	—

表4(ロ) 多数結線回路の回路相互間並びに大地との静電容量の関係(鉄槽をアースした場合)

	接 地 容 量				脚線間の静電容量 C	齊發結果
	A-B間 C <sub>g1</sub>	C-D間 C <sub>g2</sub>	タング C <sub>g3</sub>	A, B, O, D間 C <sub>g4</sub>		
綿巻線 空中の場合 (下は鉱石粉)	$8 \times 10^{-2} \mu F$	$12 \times 10^{-2} \mu F$	—	$18 \times 10^{-2} \mu F$	$5 \times 10^{-2} \mu F$	—
湿つた鉱石 粉中の場合	$11 \times 10^{-1} \mu F$	$96 \times 10^{-2} \mu F$	$3 \mu F$	$13 \times 10^{-1} \mu F$	$9 \times 10^{-1} \mu F$	$80/80$
ビル 単 線 空中の場合 (下は鉱石粉)	$35 \times 10^{-5} \mu F$	$4 \times 10^{-4} \mu F$	—	$85 \times 10^{-5} \mu F$	$15 \times 10^{-5} \mu F$	—
湿つた鉱石 粉中の場合	$17 \times 10^{-3} \mu F$	$15 \times 10^{-3} \mu F$	$25 \times 10^{-1} \mu F$	$32 \times 10^{-3} \mu F$	$7 \times 10^{-3} \mu F$	$80/80$

表4(ハ) 多数結線回路の回路相互間並に大地との静電容量の関係(鉄槽を絶縁した場合)

	接 地 容 量				脚線間の 静電容量 $C$	齊 発 結果
	$A-B$ 間 $C_{g1}$	$C-D$ 間 $C_{g2}$	タ ン ク $C_{g3}$	$A, B, C, D$ 間 $C_{g4}$		
綿巻線	空中の場合 (下は鉛石粉)	$35 \times 10^{-5} \mu F$	$38 \times 10^{-5} \mu F$	—	$32 \times 10^{-5} \mu F$	$15 \times 10^{-5} \mu F$
	湿つた鉛石粉中の場合	$35 \times 10^{-5} \mu F$	$38 \times 10^{-5} \mu F$	$8 \times 10^{-5} \mu F$	$35 \times 10^{-5} \mu F$	$12 \times 10^{-1} \mu F$

## A) 綿巻線の場合

(イ) 空中に於いて  $A, B$  間と地面との静電容量を測定した結果  $35 \times 10^{-5} \mu F$ ,  $C, D$  間と地面との静電容量は  $24 \times 10^{-5} \mu F$  であつた。又  $A, B$  と  $C, D$  間の静電容量は  $15 \times 10^{-5} \mu F$ ,  $A, B, C, D$  回路の対アースキャパシティは  $37 \times 10^{-5} \mu F$  を示した。

(ロ) 水中に於ける  $A, B$  間の対アースキャパシティは空中の約 1,900 倍の  $66 \times 10^{-2} \mu F$ ,  $C, D$  間の対アースキャパシティは空中に於ける場合の 2,300 倍の  $56 \times 10^{-2} \mu F$  となり,  $AB$  と  $CD$  間の静電容量は空中の約 4,400 倍の  $66 \times 10^{-2} \mu F$  を示し, 又  $A, B, C, D$  回路の対アースキャパシティは空中の約 1,900 倍の  $7 \times 10^{-1} \mu F$  を示した。鉄槽の地面に対する静電容量は  $8 \times 10^{-1} \mu F$  であつた。

以上の如く水中に於ける静電容量は空中に於ける場合より数千倍の増加を示している。

## B) ピニール線の場合

(イ) 空中に於いて  $A, B$  間と地面との静電容量を測定せりに  $46 \times 10^{-6} \mu F$ ,  $C, D$  間と地面との静電容量は  $37 \times 10^{-6} \mu F$  であつた。又  $A, B$  と  $C, D$  間の静電容量は  $42 \times 10^{-6} \mu F$ ,  $A, B, C, D$  回路の対アースキャパシティは  $85 \times 10^{-6} \mu F$  を示した。

以上の如く綿巻線の場合に比較して四分の一乃至六分の一の値を示して居る。

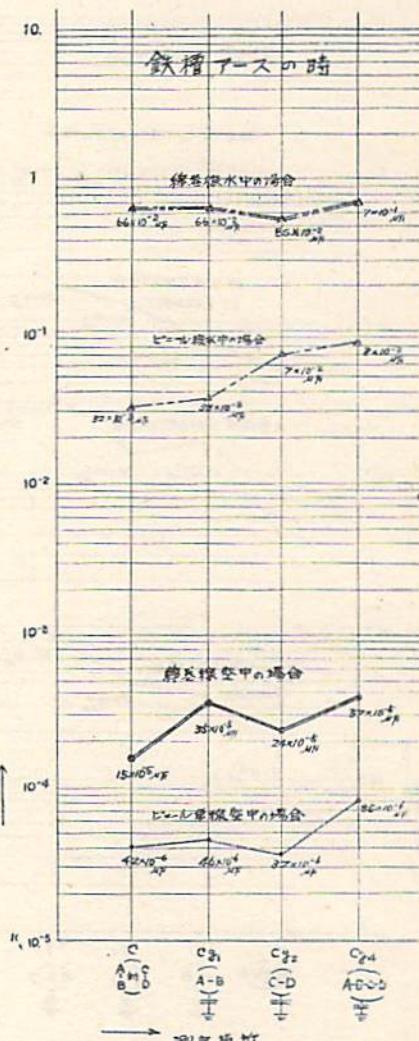
(ロ)  $A, B$  間の対アースキャパシティは水中に於ては空中の約 830 倍の  $38 \times 10^{-3} \mu F$ ,  $C, D$  間の対アースキャパシティは空中の約 1,900 倍の  $7 \times 10^{-2} \mu F$ ,  $A, B$  と  $C, D$  間の脚線回路間の静電容量は空中の約 760 倍の  $32 \times 10^{-3} \mu F$  を示し,  $A, B, C, D$  回路の対アースキャパシティは約 940 倍の  $8 \times 10^{-2} \mu F$  を示し, 綿巻線の場合の比率に比し少い。

鉄槽の対アースキャパシティは綿巻線の場合と殆んど同様な成績で  $85 \times 10^{-2} \mu F$  であつた。尙表4(イ)をカーブにすれば曲線3(イ)の通りである。

## C) 鉛石粉の静電容量に及ぼす影響

表4の実験に引続き鉄槽中に鉛石粉を入れ, その中に表4(イ)の場合と同様に結線した場合, その鉄槽

をアースした場合(表4(ロ))とアースに対して絶縁した場合(表4(ハ))の2ケースに付き表4(イ)と同様鉄槽の接地容量並に脚線の接地容量及び脚線間



曲線3(イ)

多数結線回路の回路相互間並に大地との静電容量測定

表4(イ)の曲線(対数グラフ)

の静電容量を測定した。その成績は表4(ロ)及(ハ)に示す通りである。

表4(ロ)に於て綿巻線又はビニール線を湿った鉱石粉中に埋めた場合は単にその上に置いた場合に比し、著しく静電容量を増大している。又表4(ハ)に於いて綿巻線を表4(ロ)と同様に湿った鉱石粉中に埋込んだ場合と置いた場合、鉄槽を絶縁した場合とアースした場合とに就いて測定した場合は脚線間の静電容量 $C$ は埋めた場合 $12 \times 10^{-1} \mu F$ の如く大きな値を示すが、脚線と地面の間の静電容量 $C_{g1}$ ,  $C_{g2}$ ,  $C_{g3}$ は著

しく小さくなり $35 \times 10^{-5} \mu F$ を示している。

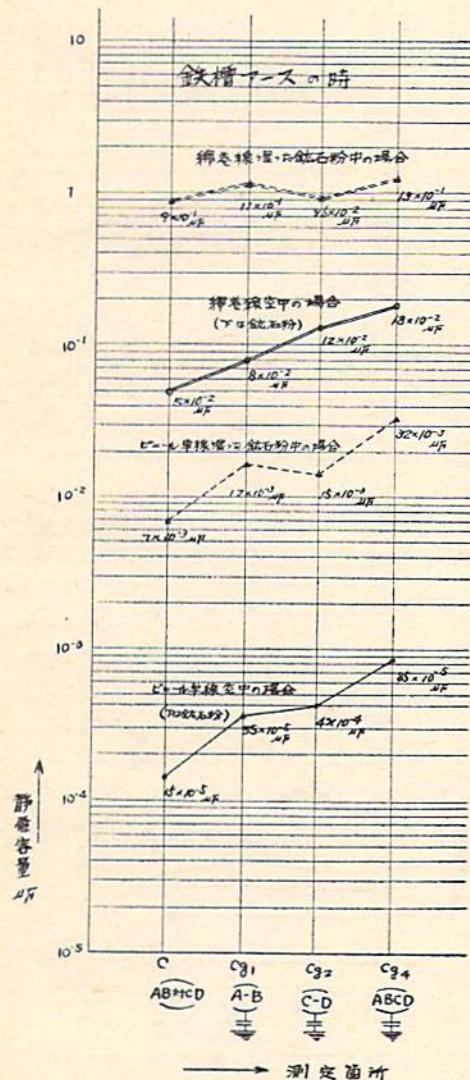
尙以上を曲線とすれば曲線3の(ロ)(ハ)(多數結線回路の回路相互間並に大地との静電容量)となる。

又此の場合前回と同様齊発試験を行つたが完爆した。その場合の $O_{g1}$ は $13 \times 10^{-1} \mu F$ であつた。

#### D) 齊発性に及ぼす影響

綿巻線、ビニール線共に水中、鉱石粉中に於て前記の條件の下に齊発を行つた結果何れも完爆した。

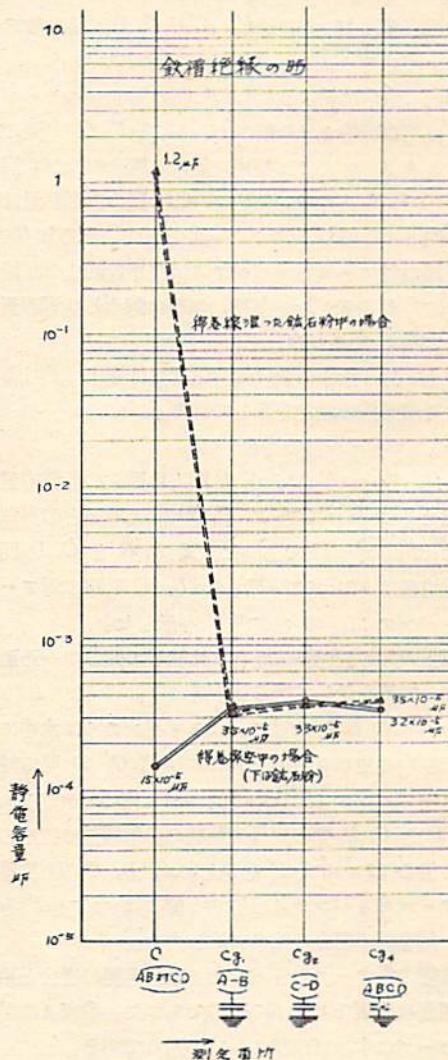
使用点火器は日本化薬製V-2型30発掛点火器で40  $\mu F$ の電解コンデンサーを180Vに充電したものを電



曲線3(ロ)

多數結線回路の回路相互間並大地との静電容量測定表

表4(ロ)の曲線(対数グラフ)



曲線3(ハ)

多數結線回路の回路相互間並大地との静電容量測定表

表4(ハ)の曲線(対数グラフ)

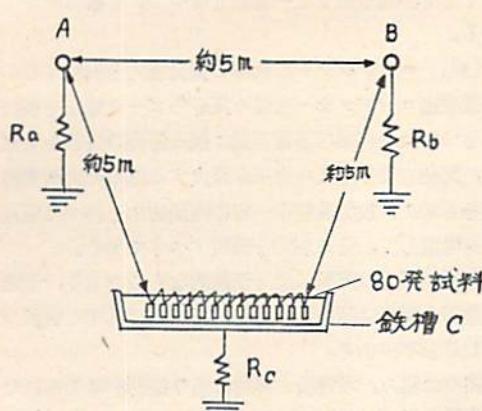


図7 発破回路の接地抵抗の測定方

源としたものである。

以上の結果から見て多數発発の場合、脚線の対アースキャパシティ又は脚線相互間の静電容量が  $13 \times 10^{-1} \mu F$  近くあつても発発には異常のない事が判る。

## § 5 実験 第五

### 発破回路の接地抵抗の測定

#### (1) 目的

80発結線に於て回路相互間の絶縁抵抗並びに接地抵抗を各種の場合に就いて測定した。

#### (2) 実験方法

実験第四と同方法であるが図7に示す如くA, B, 2点に補助アースを作り鉄槽の接地抵抗並に脚線回路の接地抵抗等を測定した。測定にはコーラッシュブリッヂを用いた。又コーラッシュブリッヂで測定出来ない箇所は500Vメガーや組試験器(島津製作所製)を用いて測定した。

#### (3) 成績並に考察

成績は表5並に図6(イ), (ロ)を参照され度い。

#### A) 線巻線の場合

空中に於ける接地抵抗(地面に対する絶縁抵抗 $R_{g1}$ ,  $R_{g2}$ ,  $R_{g3}$ ,  $R_{g4}$ )は500Vメガードで $3 \times 10^6 \Omega$ を示したがこれを一度水中に挿入すると、此の抵抗は数万分の一に減少する。即ち空中に於てA, B間の接地抵抗 $R_{g1}$ が $3 \times 10^6 \Omega$  (500Vメガード)であつたものが約 $1/46,000$ の $650\Omega$  (=コーラッシュブリッヂ)に、C, D間の接地抵抗 $R_{g2}$ は空中で $15 \times 10^5 \Omega$ のものが $1/20,000$ の $750\Omega$ に、又A-B-C-D回路の接地抵抗 $R_{g4}$ は空中で $1 \times 10^6 \Omega$ のものが約 $1/20,000$ の $535\Omega$ を示している。又A, B, 間とC, D間の脚線間の絶縁抵抗 $R_I$ も空中に於いては $5 \times 10^6 \Omega$  (500Vメガード)であつたものが $1/10,000$ の $500\Omega$  (=コーラッシュブリッヂ)に減少しているが、此の場合テスターを用いて測定すれば $1/1,000$ の $5 \times 10^3 \Omega$ 附近を示しコーラッシュブリッヂの場合とオーダーは異なるがこれはキャパシティが影響した為ではないかと想像される。

#### B) ピニール線の場合

空中に於ける接地抵抗(絶縁抵抗)は無限大であるが水中に於てはその抵抗値は俄然減少し、ホキートストンブリッヂに依り測定した値はA, B間の接地抵抗 $R_{g1}$ は $1913 \times 10^2 \Omega$ , C, D間の接地抵抗 $R_{g2}$ は $623 \times 10^2 \Omega$ , A, B, C, D回路の接地抵抗 $R_{g4}$ は $497 \times 10^2 \Omega$ , 又A, B間とC, D間の脚線相互間の絶縁抵抗 $R_I$ は $193 \times 10^3 \Omega$ になつてゐるが綿巻線の場合と比較すれば其の抵抗値は数百倍である。

#### C) 発発性に及ぼす影響

実験第四に於て静電容量の不発に及ぼす試験したが実験第五に於てもこの位の絶縁抵抗では不発は空中、水中共に無かつた。即ち綿巻線の水中に於ける絶縁抵抗

表5 多数結線回路のコーラッシュブリッヂによる接地抵抗の測定表

	接 地 抵 抗				脚線間の絶縁抵抗 $R_I$	回路抵抗 $R$	備 考
	A-B間 $R_{g1}$	C-D間 $R_{g2}$	鉄槽 $R_{g3}$	A, B, C, D間 $R_{g4}$			
綿巻線 空中の場合	$3 \times 10^6 \Omega$	$15 \times 10^5 \Omega$		$1 \times 10^6 \Omega$	$5 \times 10^6 \Omega$	78.8Ω	湿度80% 気温3°C
水中の場合	* 650Ω	* 750Ω	* 250Ω	* 535Ω	$5 \times 10^3 \Omega$ (組試験器) 500Ω (コーラッシュ)	3分後の値 78.6Ω	
ピニール 單線 空中の場合	∞	∞	∞	∞	∞	78.2Ω	
水中の場合	$1913 \times 10^2 \Omega$	$623 \times 10^2 \Omega$	* 300Ω	$497 \times 10^2 \Omega$	$193 \times 10^3 \Omega$	3分後の値 77.5Ω	
測定器	メガー コーラッシュ 組試験器	メガー コーラッシュ 組試験器	メガー コーラッシュ 組試験器	メガー コーラッシュ 組試験器	メガー コーラッシュ 組試験器		組試験器
備考	メガーはメガーは 500Vを使用	メガーはメガーは 500Vを使用	メガーはメガーは 500Vを使用	メガーはメガーは 500Vを使用	メガーは 500Vを使用		

\* はコーラッシュブリッヂ法により測定した値

$R_J$  は組試験器で測定した場合  $5 \times 10^3 \Omega$  の如く大きなリーケージがあつたが発火した。

#### IV. 結論

以上の実験並に考察の結果次の事が言える。

(1) 脚線間にリーケージの外に若干の静電容量が認められ、それが鉛石粉中に於ては大きくなる。

(2) 脚線間の静電容量が著く大きくなればリーケージはなくても不発は生じる。(曲線2に於て  $2\mu F$  附近)

(3) コンデンサー点火器の波形は静電容量に対して弱点がある。

(4) 多数発結線回路に於てはリーケージも多くなるが蓄電容量も多くなる。(最大は曲線3(+)に於て  $13 \times 10^{-1} \mu F$  附近)

(5) 以上の実験では実際の多數発の切羽に於て静電容量のみで不発を生ずると云う數値は得ていないが

少くとも不発を生ずる一要因となつてゐる事は明かである。

(6) コンデンサー点火器の齊発能力を表現するのに従来迄コンデンサー充電々圧即ちピーク電圧を根拠にしていたが将来は静電容量に依る電流の吸収を考慮し、又他方より考え点火玉が発火する迄の発火所要時間をも考え、放電曲線中一定の時間的巾を持つた電流値を考慮して、その能力を表現すべきである。

(7) 以上の実験は全く予備的なものであり、測定誤差等も相当に認められるが、将来更に精密な実験を重ねる必要がある。

終りに謹み、本実験の実施に当り援助を与えられた岡本敏一氏、<sup>1)</sup> 馬場文夫氏<sup>2)</sup> に謝意を表します。

<sup>1)</sup> 三菱金属鉛業株式会社生野鉛業所探鉛課長

<sup>2)</sup> 三菱電機株式会社研究所研究員

(昭和30年度春期工業火薬協会講演会にて発表)