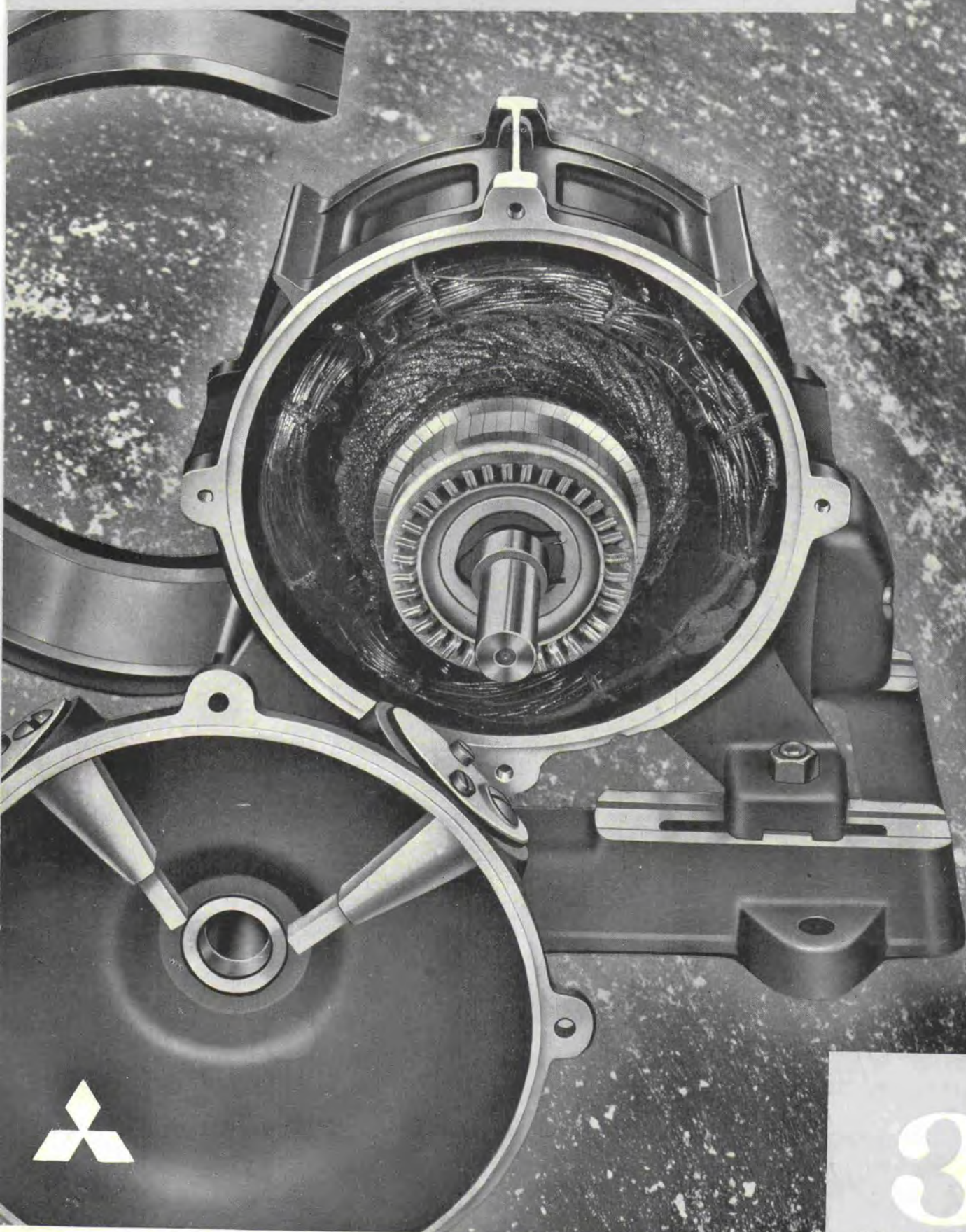


**MITSUBISHI - DENKI**

**三菱電機**



三菱電機株式会社

**3**

**VOL. 24**

**1950**





# 三菱電機

## 写真解説

反撥起動単相電動機の整流子側を分解して、整流子、整流子短絡装置および刷子保持器部分を示したものです。刷子は精密なダイカスト保持器に正確に滑合していて、この保持器の取付方向を左右に入れ換えることにより容易に回転方向を変えることができます。刷子の質を吟味し、取付方法を適切にすることが整流を良好にして機械の寿命を保つに必要であります。

## 三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内（丸ビル2階）  
電話丸の内（23）3344-9

施設部 千代田区神田鍛冶町3の3  
電話神田（25）3338・3414・4207・4222・  
5196・6040

大阪営業所 大阪市北区（阪神ビル内）  
電話福島（45）5251-7. 2487

名古屋営業所 名古屋市中区廣小路通2の4  
電話東（4）849・2338・4710・4711

福岡営業所 福岡市天神町（天神ビル内）  
電話西 4480・4754・5091

札幌営業所 札幌市南1条西5の14  
電話 3373・3911

仙台事務所 仙台市大町4の33  
電話 仙臺 376

富山事務所 富山市安住町23の2  
電話 4692・5273

広島事務所 広島市銀砲町118  
電話 中（2）1069

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

大船工場 神奈川鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市字境橋町

福山工場 福山市沖野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町91

中津川工場 岐阜県恵那郡中津町

福岡工場 福岡市今宿青木690

札幌修理工場 札幌市北2条東12

研究所 兵庫県尼崎市南清水

VOL. 24 NO. 3

## 目次

超音波探傷装置について.....	2
連接接地試験.....	7
電気用刷子の磨耗（2）.....	19
ラジオヒータによる蓄電器套管の乾燥について.....	26

VOL. 24 NO. 4 内容豫定

高速度断流器.....	宮小 内路 圭次 春
船舶用小型電気冷蔵庫.....	石川 嘉考 中 原 四 郎
電気用刷子の磨耗（3）.....	森田 義男 前 田 利 晴
2kg 新型アイロン.....	田村 弘治 郎

昭和25年7月25日印刷

昭和25年7月30日発行

『禁無断转载』

定價1部金30圓（送料6圓）

編輯兼發行人

吾郷 侃二  
東京都千代田区丸の内2丁目3番地

印刷者

大橋 松三郎

印刷所

博文堂印刷所  
東京都港区麻布竹谷町一番地

發行所

三菱電機株式会社内

「三菱電機」編集部

電話丸之内（23）4151（9）  
日本出版協會員番號 213013

# 超音波探傷装置について

超音波探傷法の原理を述べ、二三の考察と共に探傷装置の概要を記述し、  
数種類の試験例を写真につき説明し、その他の応用例にも言及した。

研 究 所

豊 田 準 三  
近 藤 敬 吉

## I. 緒 言

金属材料内の裂傷、空隙等異常状態の検出を、超音波を用いて被試験材料を破壊することなく行うと言う企てはかなり古くから試みられたものであるが、いずれも実験的な範囲にとどまり實用に供せられるまでには到らなかった。最近著しく進歩した真空管回路技術、特に電波探知機に用いられる高周波衝撃法の技術を上記の目的に應用してより超音波探傷法は急激にその性能の向上を見るに到り、現在では實用期に入りつつある。

## II. 原理と装置の概要

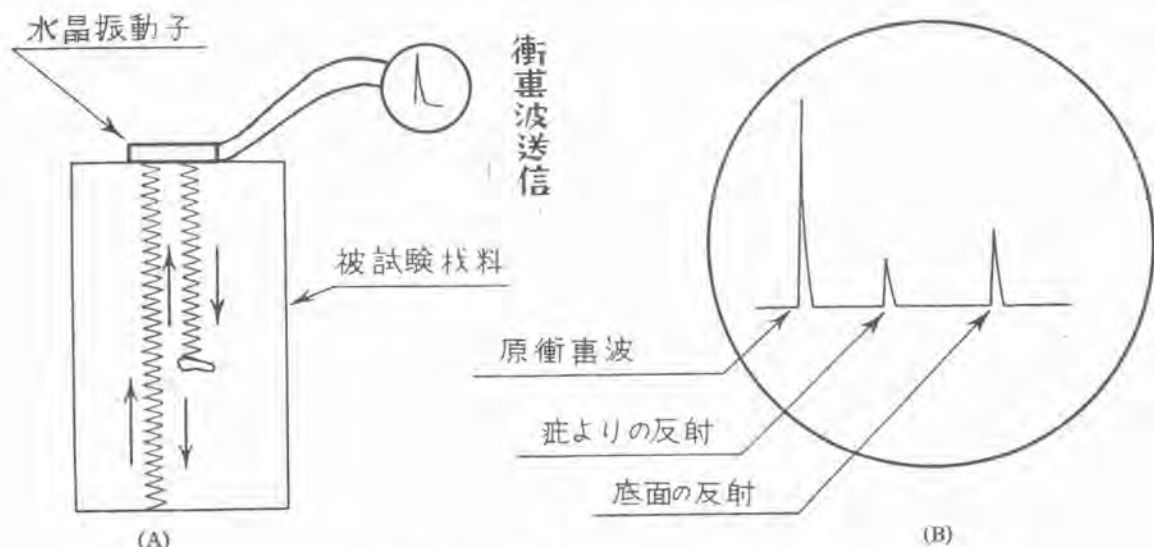
1 圖は超音波探傷法の原理を示した圖である。

1 圖Aに示した如く試験せんとする素材の一面に、超音波振動子を當てて、これを衝撃的に振動せしめる、この際に生ずる超音波勢力が素材内に透入して行き、その途中に空洞、裂傷等の欠陥が存在する様な場合には、その欠陥個所から反射波が生じ、この反射波が再び振動子に

歸來して振動子を勵振する。この勵振によつて生ずる振動子の誘起電壓は増幅の後、原衝撃電壓と共にブラウン管面上に指示され(1 圖 B)欠陥の存在が探知される事になる。

この際原衝撃發振電壓に對する、反射波による誘起電壓の時間的遅れが、ブラウン管面上にて觀測し得るから、素材内の音波傳播速度の既知な場合には、欠陥個所に到る距離を知る事が可能である。また材料を傳播する超音波の音束の廣がり極めて鋭い指向性を有する様に振動周波数を選べば、欠陥の存在の位置をも定める事ができる。一言にして言えば、電波探知機(レーダー)の原理をそのまま超音波なる弾性振動に用いたものと言えるのである。この探傷法の大きな特長は被試験材料より被試験片を切り出す必要なく、原型のままでいわゆる無破壊試験ができることである。

超音波探傷装置に用いられる超音波振動子には、水晶の有するピエゾ電氣特性を利用するのが最も便利であり、現在では殆んど大部分が水晶板を用いている。これ



1 圖 超音波探傷の原理圖

1 表 各物質の音響インピーダンスと對水晶透過度

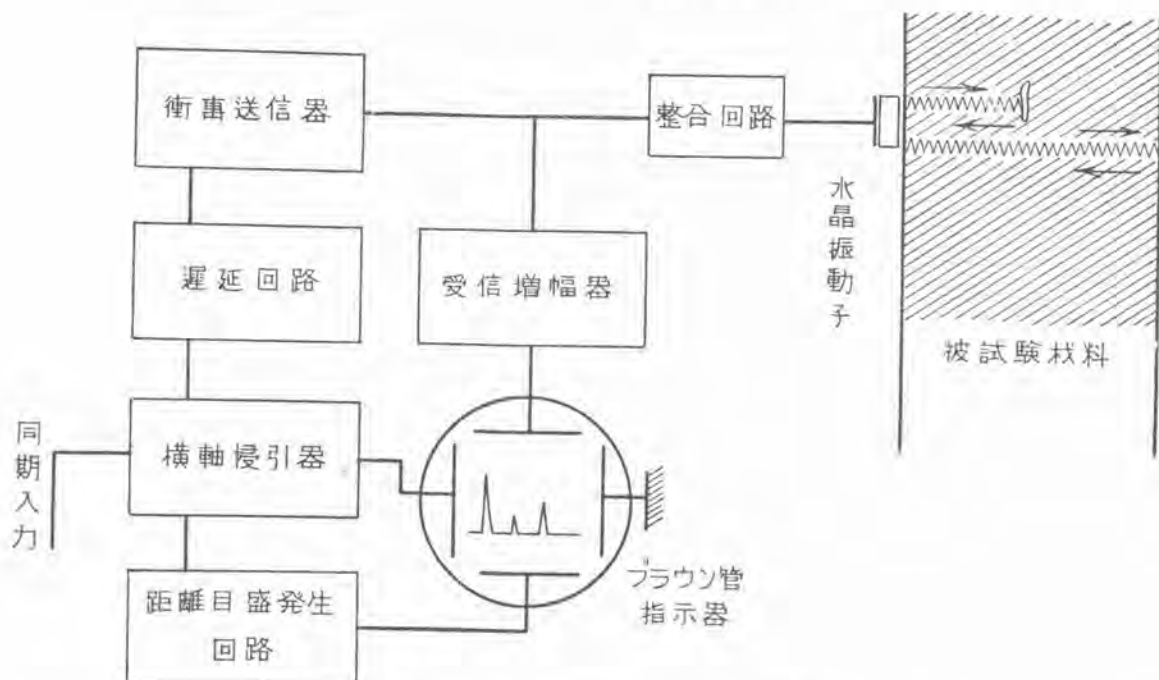
		速 度 (cm/sec)	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	音響インピー ダンス (g/sec.cm <sup>2</sup> )	水晶に對 する垂直 透過度
水	晶	$5.45 \times 10^5$	$2.654 \times 1$	$1.45 \times 10^5$	1.000
	銅	5.00 "	7.8 "	3.90 "	0.792
黄	銅	3.50 "	8.5 "	2.93 "	0.902
アルミニウム		5.10 "	2.6 "	1.32 "	0.998
	錫	2.50 "	7.3 "	1.83 "	0.986
	鉛	1.23 "	11.4 "	1.40 "	0.999
ニッケル		4.97 "	8.8 "	4.32 "	0.753
水	銀	1.41 "	13.6 "	1.91 "	0.981
	油	1.44 "	0.8 "	0.115 "	0.279
	水	1.41 "	1.0 "	0.146 "	0.333
空	氣	$3.44 \times 10^4$	$1.2 \times 10^{-3}$	$4.2 \times 10$	0.000

は水晶板は機械的強度が大であり、音響的硬さ（音響インピーダンス）が、試験対象の大部分を占める金属材料の音響的硬さに近い値を有しているため、超音波振動の材料内への透入度が大であるからである。X-cut の水晶板に衝撃電圧を印加して、厚味振動を起し、板面に垂直の方向に超音波を發生して材料内にその勢力を透入させる際の、音波のエネルギーの垂直透入度  $\alpha$  は、水晶板の音響インピーダンスを  $R_1$ 、被試験材料の音響インピーダンスを  $R_2$  にて示すと次式で表わすことができる。

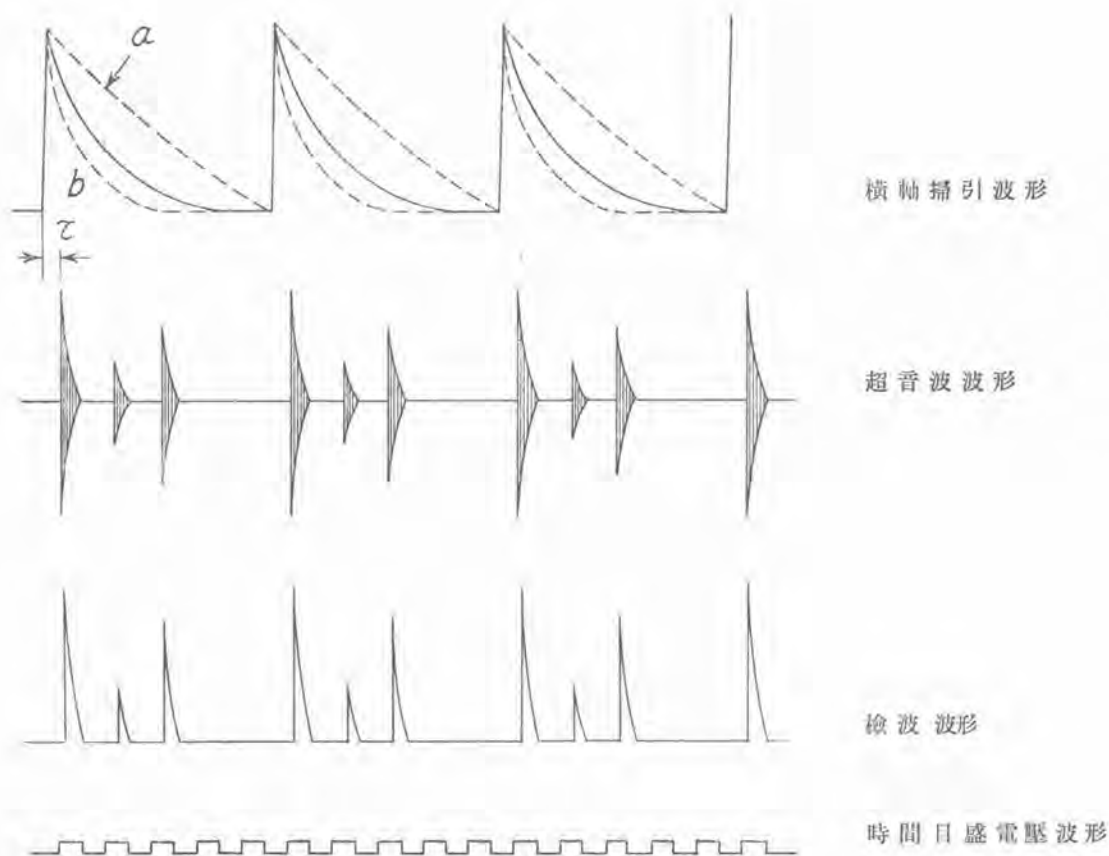
$$\alpha = \frac{4R_1R_2}{(R_1+R_2)^2}$$

この式に従つて、色々な物質への音波エネルギーの透入度を計算した結果を1表に示す。1表にも明らかな如く、水晶板に對しては、種々な金属材料中で、鉛、アルミニウム等が一番良好な透入度を呈する。水晶と空氣との境界の示す透入度は表中にも示された如く非常に悪い。従つて、超音波探傷法において、被試験材料と水晶板との間に空氣層が生ずると、超音波エネルギーの利用が著しく害されるので、かかることのない様にこの接觸面には、油、ワセリン、あるいは水等にて、この空隙をなくして使用することが望ましい。被試験物體の表面が比較的平面に仕上げられている時は、上記の如く油等にて相當に損失を防ぐことができるが、表面の仕上げの粗い材料あるいは鑄造品の様な場合には、油等では不充分であり、水銀または水銀アマルガムを用いることも考えられ、特殊なプラスチックを用いる方法も發表されている。

2 圖は、當研究所にて試作した超音波探傷裝置の電氣的綜合構成圖である。可聴周波電源により、サイラトロンを動作させて、その放電特性によりブラウン管横軸の掃引電壓を發生するのが横軸掃引回路である。その波形は指數函数的であり、3 圖上段に示した如きものである。同回路中の抵抗値を加減することにより、波形の傾斜の緩急を自由に變えることが可能で、比較的遠距離の探傷の時は、a に示した如く直線的鋸齒波形に近い電壓波形を用い、比較的近距离の探傷の時には、b に示した如く尖鋭な波形にして用いられるようにしてある。衝撃波發生器もサイラトロンの放電を利用した回路で、放電に際して L-C 回路に減衰自由振動を起させるようにしたものである。この出力振動電壓を水晶板に印加し、その



2 圖 超音波探傷器構成圖



3 圖 各部波形の時間的關係

ピエゾ電気特性により超音波の衝撃減衰振動が可聴周波数に同期して得られるのである。掃引回路と衝撃波発生回路との間に遅延回路を設けてあるが、これは3圖に示した如く、掃引電圧の開始時よりある時間差を以て衝撃電圧を発生するようにしたもので、ブラウン管画面上での観測に便利のように時間差 $\tau$ を可変できる様にしてある。時間目盛回路は、直接波よりどれ程遅れて反射波が到来するかを讀める様に一山が $5 \times 10^{-6}$ 秒の矩形波を発生し、これが掃引周波数に同期がとれる如くした回路で、この目盛周波数の單位を、その試験材料の1極を往復する時間（鋼鐵なれば $4.0 \times 10^{-6}$ 秒）に選んで置けば、傷の存在する位置が直讀できるから更に便利である。この時間目盛電圧と受信器出力の衝撃波を垂直偏向極に印加して観測した例は5圖等の寫眞に示した如くである。なおこの目盛電圧は必要に応じて印加することも、印加しないで置くこともできる様になっている。

#### 超音波振動数と探傷の性能について

剛體中の弾性波の波長 $\lambda$ 、と振動周波数 $f$ 、傳播速度 $v$ の間には一般に次の關係がある。

$$\lambda = v/f$$

例を鋼について考えると、1 MC の振動周波数の場合には、 $v=5.0 \times 10^3$  厘/秒 であるから、波長は 5.0 耗になる。空洞欠陥、クラック、不純物等の存在によつて生

ずる反射面が、この波長に比して充分な擴がりを有すれば反射量も充分であるが、波長に比して小さい時は反射量も少く検出に困難をきたす、剛體の粘性による損失を省略して考えた場合、音波發射面と反射面とが共に圓板狀で半徑がそれぞれ $a$ 、 $b$ 、で並行に對面的に位置し距離が $x$ である場合の反射率 $C$ は近似理論式として次の形で表わされる。

$$C=1-J_0(2\pi ab/\lambda x) \quad \text{〔註〕}$$

この式からみれば、 $2\pi ab/\lambda x < 2.45$  の範圍では波長が短い程反射量が大である。また小さい數個の反射を分離して指示する分解能については衝撃波の繼續時間が短い程よいのであるが、この點から言つても高い周波数の方が衝撃時間が短くとれるので有利である。特に材料内の表面に近接して存する傷の場合は、反射波が直接波の繼續時間内に歸つて來るので、原衝撃波の内にかくれて終い、發見ができなくなる。しかしながら、周波数が高くなると高感度の増幅も、強力な發振もし難くなり、水晶板の厚みも非常に薄いものが必要となつて製作技術に困難を伴う様になるので、これ等の點から使用周波数の

〔註〕  $J_0$  はベッセル函數の零次のものを示す。この場合の反射率の定義は、 $x$  なる距離を傳播して反射してもどつて來た振動強度と、 $2x$  なる距離を反射することなく傳播した場合の振動強度の比である。



限界は實用上 10~15 MC 程度の周波数までにおさえられており、低い周波数の方は目的に應じて 500 KC 位の周波数が用いられることもある。

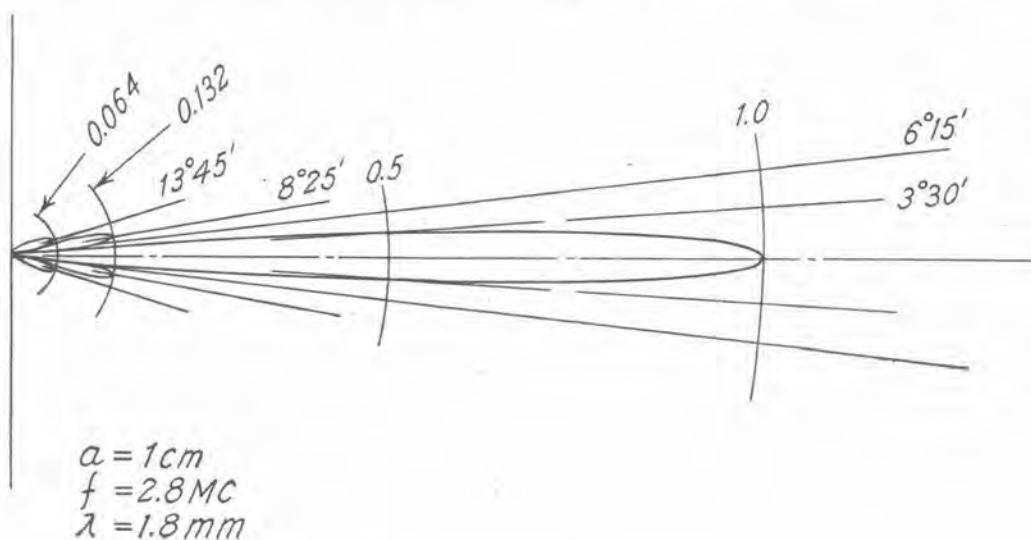
反射衝撃波の電圧を増幅し、検波する際には歪が生じて衝撃波形が崩れる。このために測定精度が低下するが、これをできるだけ少くするためには高帯域の良質の増幅が必要である。特にこの装置では、送信端子と受信端子が共用されているので、相當に大なる送信衝撃波の直後に、數マイクロボルト程度の反射波を受信増幅しなければならないので、受信機の時定数が測定精度のみならず、本装置全體の性能に大きく響いてくる。

材料内の傷の位置を決定するのに、表面よりの深さは上記の如く、直接衝撃波に対する反射波の時間的遅れで測定できるが、どの方向にあるかを確めるためには、反射波が最大なる様に振動子を動かして探るので、この場

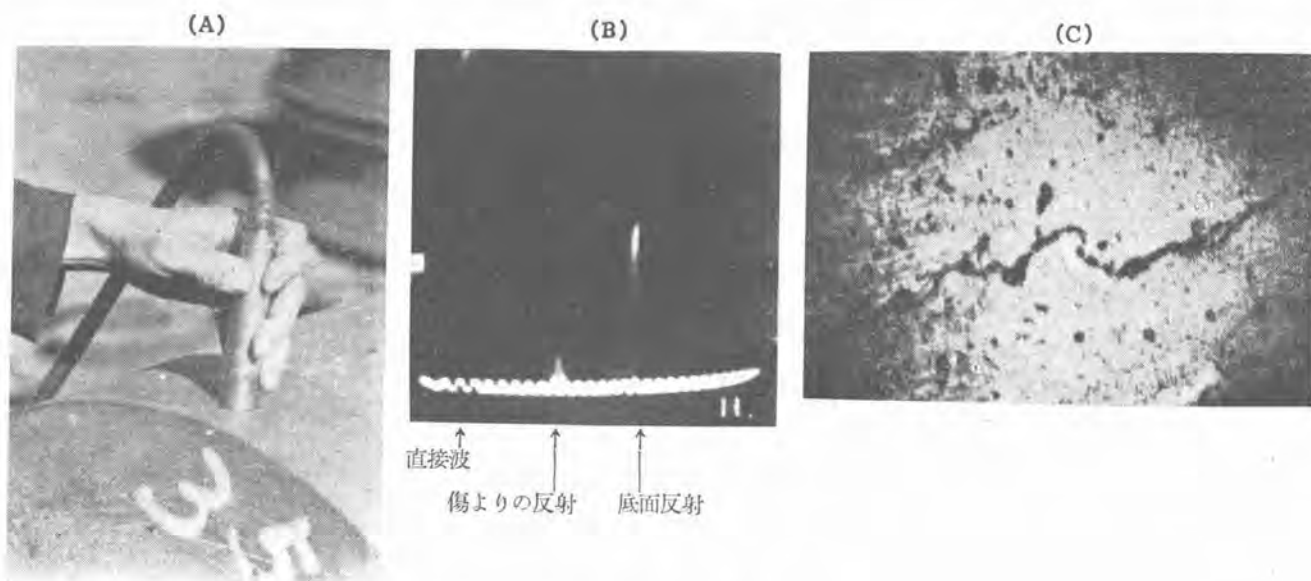
合當然發射される超音波の音束の擴がりが問題となる。厚み振動を行う圓形振動板の中心軸に對して  $\theta$  の角度をなす方向の音響放射の、中心軸方向の音響放射に對する相對値  $R$  を以て指向特性を示すと、次式のように表わすことができる。

$$R = \left| \frac{2J_1(Ka\theta)}{Ka\theta} \right|$$

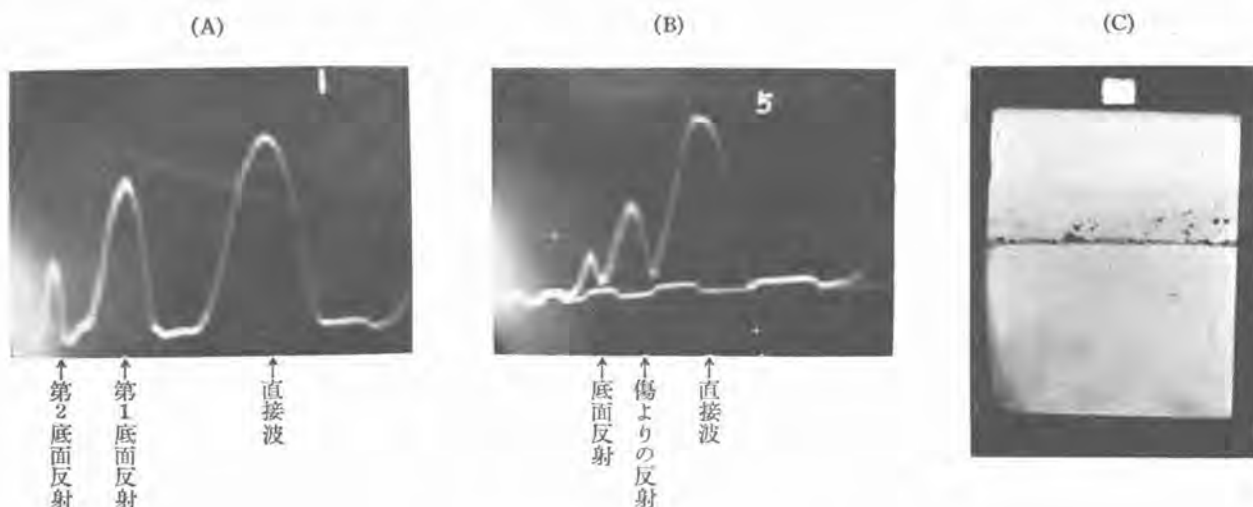
ただし  $a$  = 圓板の半径、 $K = 2\pi/\lambda$ 、すなわち圓板半径と波長の比の値が大なる程、指向特性が鋭いことを示しており、その例は 4 圖に示す。これは  $a = 1$  釐、振動数は 2.8 MC の場合であり、 $\theta = 6.2^\circ$  で音響放射は零となり、それよりも廣い角度でも殆んど音響放射がなく、極めて鋭い指向特性を示している。この様に音束がビーム状になつている場合には、同距離で異方向にある傷に對する分解能も良好である。



4 圖 音波放射の指向特性



5 圖 發電機軸の探傷



6 圖 熔 接 部 の 探 傷

### III. 金属材料についての実験例

この探傷法の應用分野は各方面に相當廣いものと考えられるが、その内具體的なものにつき、實驗例を以下に記述する。

5 圖はタービン發電機の軸材の傷の検出を行つた際の記録寫眞である。この場合に觀測し得た波形は (B) に示した如くであり 底面反射までの途中に、表面より約 175 耗の位置に傷の存在が認められる。この位置を磨き腐蝕寫眞を撮り、約 100 倍に擴大したものを (C) に示した。軸材はニッケルクローム鋼であり、この傷は約 3 耗半徑のいわゆる白點である。

6 圖は炭素鋼の熔接の不良個所の検出を行つた際の記録寫眞である。熔接を行つていない部分では、(A) に見られるように一連の底面反射が表われているが 熔接個所の位置では 第一回目の底面反射までの中間に反射波が觀測されている。これは不良熔接のブローホールよりの反射であり (C) にその切斷面寫眞を示したが、相當に大きな熔接欠陥であることが判る。

これ等の實驗例の他に、鋼板の割れの検出 軸材あるいはボルト等の疲勞傷の検出等色々の現場實驗を行つたが、材料内欠陥の検出法としては實地的にも有效なる成果が得られている。

上記の諸例は 欠陥個所よりの反射波を觀測してその欠陥を知る方法であるが 欠陥と言う程度までは到らない材料組織の粗密の度合を、超音波衝擊波の散亂減衰の度合により推定することも可能である。このためには送信水晶振動子と受信水晶振動子の 2 個を用い、その中間に試験材料を置いて超音波の透過度を觀測すればよい。また水晶振動子を 1 個だけ用いて、上記實驗と同様にし

て、底面反射の繼續する回数の大小により材料の組織の緻密度を推定する事も可能であり、材料の焼入れ効果、鍛造効果等の推定に實地的にも充分應用的分野があるのではないと思われる。

### IV. 結 言

超音波探傷法に關する基礎的な諸事項を述べ、實驗例をも示した。淺い部分にある傷の探傷、表面仕上の粗い材料に對する問屋等性能上改善する餘地は未だ多く残されているが、これ等については今後の研究成果に期待をかけた。

擧筆に當り中日本重工、久野研究部長ならびに當研究所 若山所長、薄井課長の懇切なる御指導と 長崎製作所 井上部長、今北課長の行き届いた御援助に深謝する。

### 参 考 文 献

- SuPersonic Reflectoscope J. A. S. A. Jan. 1945.
- Supersonic Flaw Detection E. E- Feb. 1948.
- Electronic Circuits of a Supersonic Reflectoscope  
A. I. E. E. Tech. Paper. 48-21 Dec. 1947.

# 連 接 接 地 試 験

連接々地小委會主催の下に、關東、東海、關西の各地に互り、接地條件の異なる地點を選び、施設もまた發電所、變電所、開閉所のおのおのを選んで、大規模の實地試験が施行され、その報告も既に學會誌上に掲載され 三菱電機擔當の關西配電阪本變電所及び近畿日本鐵道美旗變電所における試験結果の概要も誌上に紹介してあるのであるが、この試験の詳細を報告する。

研 究 所 横 須 賀 正 壽  
本 社 安 藤 安 二

## 1. 緒 言

雷による異常電壓に對し、發變電所の機器を保護するために避雷器が設置されるが、避雷器が被保護機器を完全に保護するためには、その制限電壓が機器の絶縁耐力より低いことが必要である。しかし避雷器を設置した場合その接地には必ず接地抵抗があり、避雷器が動作し放電々流が流れた時その接地抵抗による電壓降下が制限電壓に加わつて被保護機器にかゝることになる。よつて避雷器の接地抵抗は低いことが望ましく、接地抵抗が大きい場合には一般にその保護効果はそれだけ低下するものと考えねばならず、避雷装置要綱においては  $10\Omega$  以下となるように定められている。しかし土地の状況その他により單獨接地で低い接地抵抗値を得ることが技術的にも、經濟的にも困難な場合が多い。

この様な場合接地抵抗の影響を低下するために避雷器接地と發變電所機器の接地とを共通に接続することができれば好都合であり、連接々地の効果大であるが、一方連接々地には新しい障害を生ずる可能性がある。避雷器の動作により放電々流が流れた場合、これまで電位動搖のなかつた所内機器あるいは鐵構等の電位もこれに従つて動搖するため所内埋設弱電流回路等の機器に對し、また機器と近接大地面間の電位差あるいは大地電位傾度により人畜に危害を及ぼす處が皆無ではない。從來發變電所の實際は連接々地を實施して差支えなく運轉している例も多いが、時に制御電機等の障害事故の發生をみた例もある。

米國においてはつとに連接々地を奨勵し、安全規程においても明確懇切な規定が示されているが、本邦においては現行の電氣工作物規定において、兩者の接地は別箇

にとることが規定されており、この問題に關しては、全く相反した考え方に據つている事情にあつた。

所で絶縁協調特別委員會において發變電所の絶縁協調問題を論ずるに當り、この連接々地方式の可否を決する事が先ず當面する問題として採り上げられ、また同時に電氣協同研究會の發送電雷害防止専門委員會においても避雷装置設置要綱の起草に當りこの問題の解決の必要が発生し、昭和 23 年 1 月連接々地小委員會が設けられ、關東、東海、關西の各地區に互り、接地條件の異なる地點を選び、施設もまた發電所、變電所、開閉所のおのおのを選んで、大規模な實地試験が實施され、その報告及び上記の経過も既に學會誌上に掲載され<sup>(1)</sup>、三菱電機の擔當した試験結果の概要も誌上に紹介済みであるが、この試験の詳細を報告する。

## II. 變電所概要及び測定要領

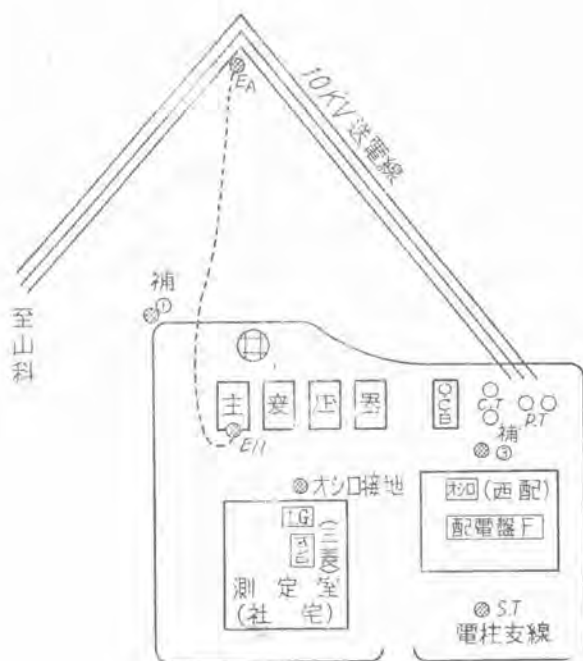
### 1. 阪本變電所

本變電所は 1 圖に示す如く、小規模の變電所であつて主變壓器は  $250\text{KVA} \times 3$ 、 $10\text{KV}/3.3\text{KV}$  であり、これに附隨する  $P.T.$ 、 $C.T.$  及び  $O.C.B.$  の 1 組より成つている。構内の廣さは  $20\text{m}$  平方程度である。避雷器接地  $E_1$  は構内より約  $30\text{m}$  離れた田の中に設置され、接地抵抗は約  $41\Omega$  であつた。所内接地は主變壓器、 $P.T.$ 、 $C.T.$ 、 $O.C.B.$  及び配電盤を全部一括して井戸 ( $E$ ) の中に入れてある。

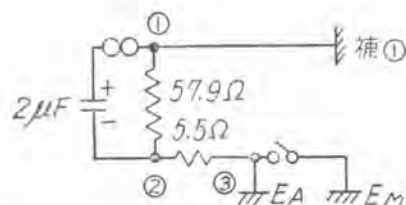
なお所内には 3 組の電話線が引込まれており、その内の山科線は送電線に懸架してあり、大宮川線及び京福線はそれぞれ配電線に懸架してある。

更に 1 圖には衝擊電壓發生器  $I.G.$  及び測定器の設置箇所を示す。測定器の接地は別に設けたオシロ接地にとつ

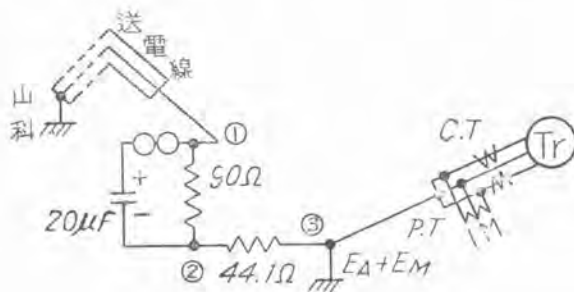




1 圖 阪本變電所配置圖



2 圖 (坂 1 及坂 2)



3 圖 (坂 7)

1 表 接地抵抗 (Ω)

避雷器接地 $E_A$	41
所内接地 $B$	52
補助接地 補①	146
電柱支線 $ST'$	72

た、補①及び電柱支線  $ST'$  は所内での電流印加試験に補助接地として用い、補③は配電盤室が狭いために近接大地面間の電位を測定するために屋外に設けた接地である。1 表には各部の接地抵抗を、2 表には実施測定ケースを示し、3 表に測定箇所を示した。衝撃電流印加方向は常に  $E_A$  に負が印加される如くし、連接の場合に圖

2 表 測定ケース (坂本變電所)

測定番號	測定ケース (下記のものゝ間に衝撃波印加)	
阪 1	補①と避雷器接地 $E_A$ 間	非 連 接
阪 2	補①と避雷器接地 $E_A$ + 變壓器接地 $E_M$ 間	連 接
阪 3	電柱支線 $ST'$ と避雷器接地 $E_A$ 間	非 連 接
阪 4	電柱支線 $ST'$ と避雷器接地 $E_A$ + 變壓器接地 $E_M$ 間	連 接
阪 5	送電線と避雷器接地 $E_A$ 間	非 連 接
阪 6	" と " $E_A$ + 變壓器接地 $E_M$ 間	連 接
阪 7	" と " $E_A$ + $E_M$ + 所内機器間	連 接

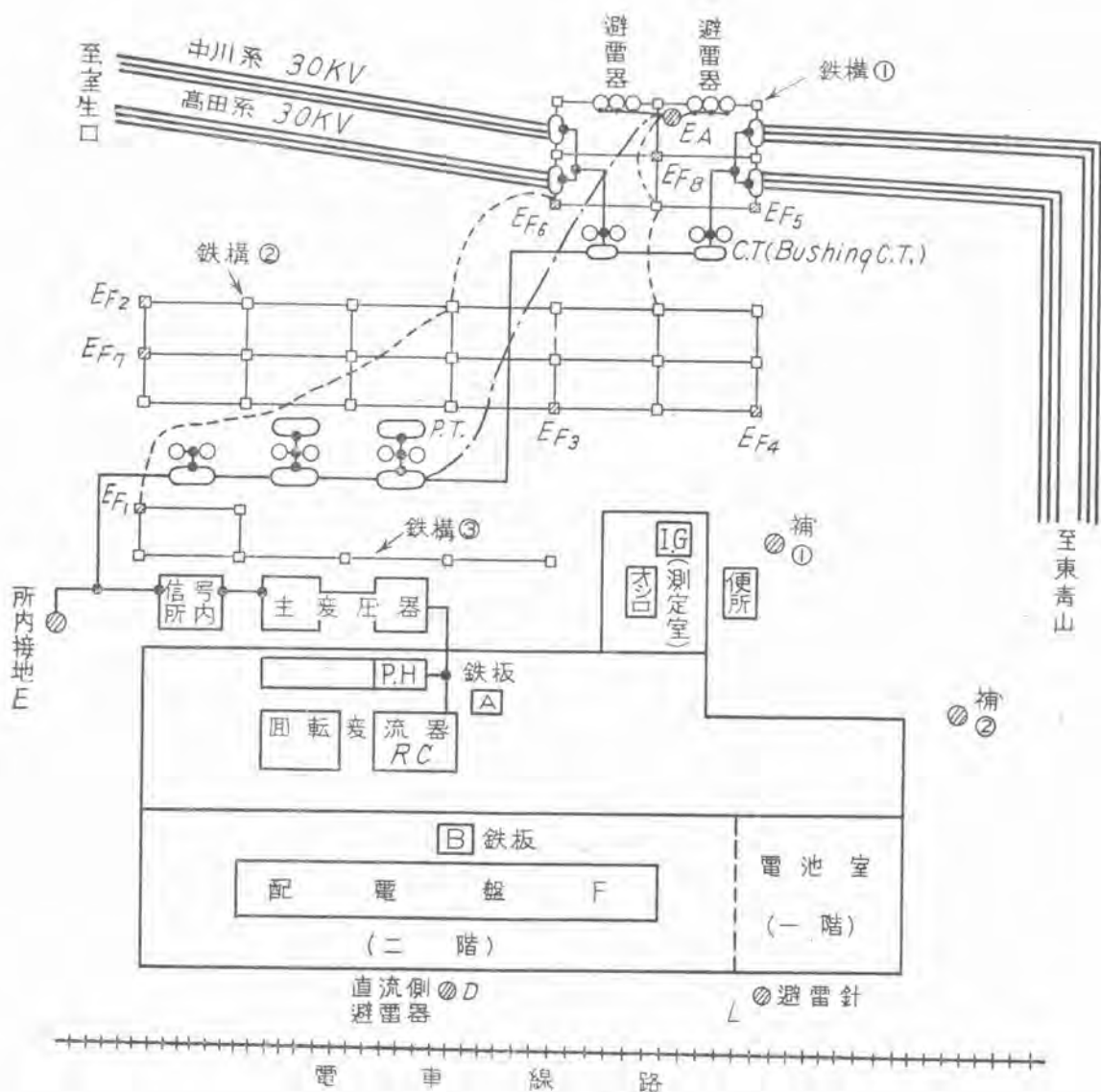
3 表 測定箇所

オシロ接地—①
" —②
" —③
配電盤フレーム $F$ —山科電話線
" —大宮川 "
" —京福 "
" — $PT$ = 次側
" — $CT$ "
" —補③
" — $E_M$

中點線の如く  $E_A$  と  $E_M$  を接続した。測定線は 2 本張つて誘導の除去をはかり、 $F$  を基準として電圧の正負を表わした。なお  $I.G$  の結線の一例を 2 圖及び 3 圖に示す。(坂 5~坂 7 の送電線を用いる場合は 3 線一括として、かつ山科にて一括接地した。(3 線一括の送電線のサージ・インピーダンスは  $216\Omega$  であつた。)

## 2. 美旗變電所

本變電所は 4 圖に示す如く、中川系及び高田系の異なる二系統の送電線が同一鐵塔に懸架してあり、随時何れか一方より受電される様になっている。主變壓器は 3φ



4 圖 美旗變電所内配置圖

2,100 KVA 33,000 V/560V 2 臺で、回轉變流機は 1,000 KW 750V 2 臺を直列に接続したもの 2 組より成る。配電盤  $F$  は建物の二階にあり、 $O.C.B$  の操作及び直流側各遮断器の操作電源は電池によつてゐる。接地状況は避雷器は鉄構①に載せてあるが別に接地を  $EA$  にとつてある。鉄構は 3 組あり、別々に接地がとつてあつて  $O.C.B$ 、 $P.T.$ 、 $C.T.$ 、主變壓器及回轉變流器等は全部一緒にして所内接地  $E$  の箇所に接地がとつてある。直流側避雷器  $D$  は既に所内接地  $E$  に接続されており、避雷針  $L$  は別にとつてある。なお  $F$  は接地不充分であり、回轉變流機フレーム  $RC$  は接地繼電器を通して接地されておつたために接地抵抗は高かつた。それぞれの接地抵抗を 4 表に示す。また補①及び補②は補助接地として新に設置したもので、本變電所の接地抵抗は全設に互り非常に低い。構内の廣さは測定室よりの距離は  $E_4$  までは約 40m、 $F$  までは約 20m、 $E$  までは約 40m である。

連接・地試験・横須賀・安藤

4 表 接地抵抗 (Ω)

所内接地	$E$	0.5
避雷器接地	$EA$	0.85
避雷針	$L$	0.4
直流避雷器接地	$D$	0.1
配電盤フレーム	$F$	1750
回轉變流機フレーム	$RC$	150
鐵構	$EF_1$	1.75
"	$EF_2$	1.75
"	$EF_3$	42.2
補①		62.5
補②		33.5

4 圖に  $I.G$  及び測定器の設置箇所を示し、測定器の接地は常に補①にとつた。測定ケースは 5 表に示し、送電線は美旗一室生口間の中川系を使用し、室生口にて

# 5 表 測 定 ケ ー ス

測定番號	測定ケース (下記のものゝ間に衝撃波印加)	
美 1	避雷器接地 $E_A$ と送電線間	非 通 接
" 2	" " + 鐵構接地 (18 圖鎖線) と送電線間	連 接
" 3	" " + 所内接地 (18 圖鎖線) と送電線間	非 連 接
" 4	" " と避雷針 $L$ 間	連 接
" 5	" " + 鐵構接地 (18 圖鎖線) と避雷針 $L$ 間	
" 6	" " + 所内接地 $E$ (18 圖鎖線) と "	
備 考	1~3 の場合は避雷器接地 $E_A$ に負衝撃波を印加 4~6 の場合は " に正衝撃波を印加	

6 表 測 定 箇 所

補 ① - ①	$F$ - $P, T$ の二次側
" - ②	- $C, T$ "
" - ③	- $P, H$ "
" - 鐵構 $EF_1$	- 電話線 (交換機)
" - " $EF_2$	- " (各變電所)
" - " $EF_3$	- 直流制御回路 $Cct$
" - 補 ②	- 近接大地面 (鐵板 $B$ )
" - 電話線	$RC$ - 近接大地面 ( " $A$ )
	レール - 直流饋電線

合につき測定線を開放あるいは一括  $F'$  に接した場合の測定を実施し、一括  $F'$  の場合のオシロより測定線への誘導は問題になくともよいことを確かめた。(開放の場合は  $F'$  と近接大地面間の電位に近い値を示す。)

## 1. 阪本變電所の場合

7 表に侵入電流 1,000 A に換算した發生電壓を示し、これと關聯して各場合につき若干検討すると、

(イ) 阪 (1) 及び阪 (3) すなわち 5 圖及び 7 圖の非連接の場合は所内接地が補 ① 及び  $ST$  に近いためにこの方に引きつけられているが、 $P, T$  あるいは  $C, T$

7 表 阪本變電所の場合、侵入電流 1,000A に換算した發生電壓 (KV)

測定番號	1	2	3	4	5	6	7
測定箇所							
$F'$ と山 科 電 話 線	-2.8	4.	-3.83	0.855	73.7	68.7	71.8
$F'$ と大宮川 "	-3.3	4.3	-5.57	0.855	9.65	12.	13.1
$F'$ と京 福 "	-2.8	4.03	-5.35	1.33	12.	12.	13.7
$F'$ と $P, T$	—	—	-0.157	-0.188	-0.79	-0.565	-0.565
$F'$ と $C, T$	—	—	-0.157	-0.282	-0.79	-0.565	-0.565
$F'$ と補 ③	—	0.258	-0.1	0.282	—	—	—

3 線一括接地した、衝撃波印加方向は備考に示した。この外に直流饋電線より侵入した雷を豫想して、補②と  $D$  間に衝撃波を印加した場合、及び補 ② と  $EF_1$  間に印加して大地内電位分布を測定した場合等も測定したが同一の結果を得ているので省略する。測定箇所は 6 表に示す如くであり、 $P, T$ 、 $C, T$ 、 $P, H$  はそれぞれ 4 圖中に特に記號を入れてある箇所のものを示し、 $P, H$  は變壓器の低壓側に挿入してある電壓變成器の事である。また近接大地面を表わす鐵板  $A$ 、 $B$  は  $1,000 \times 500\text{mm}$  のトタン板を用いた。なお電壓の正負はそれぞれ  $F'$ 、補 ①  $RC$  及びレールを基準として表わした。

## III. 測 定 結 果

阪本變電所及び美旗變電所における 2 表及び 5 表に對應する測定オシログラムをそれぞれ 5 圖~11 圖及び 12 圖~17 圖に示し、測定線の誘導に關してはそれぞれの場合

と  $F$  間には殆ど電壓が出ておらぬ。(これは面積が狭いためと思われる。)

(ロ) 阪 (2) 及び阪 (4) すなわち 6 圖及び 8 圖の連接の場合は  $F$  及び  $P, T$ 、 $C, T$  の電位は急速に  $E_A$  及び  $E_M$  の電位と等しくなり (イ) の場合と逆の方向の電壓を生じているが、 $F$  と  $P, T$  あるいは  $C, T$  との間に出る電壓は大した事はない。

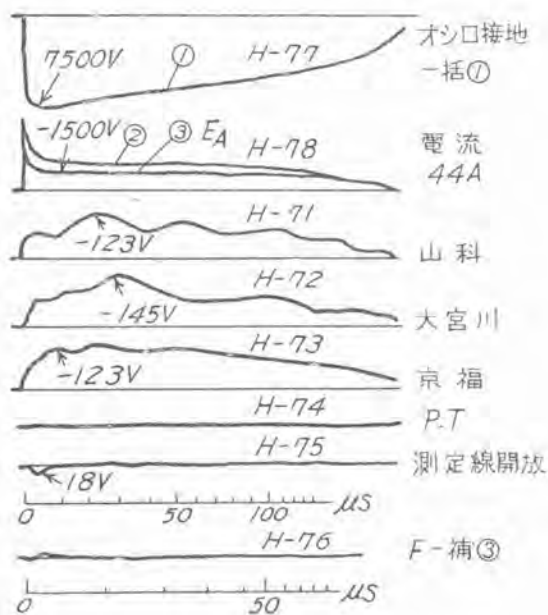
(ハ) 7 圖  $E_M$ — $F$  間電位及び 8 圖  $F$ —オシロ接地間の電位は  $E_M$  と  $F$  との電位が同時に變化しない事を示す。

(ニ) 阪 (5)~阪 (7) すなわち 9 圖~11 圖の送電線を用いた場合は送電線が電話の上空を通り、特に山科線は送電線と同一の木柱に懸架してあつた關係上各線共に非常に誘導多く、雷撃時には各電話線共に危険電壓を發生すること明かである。

(ホ) 阪 (6) と阪 (7) の場合は殆ど同一の變化をなす

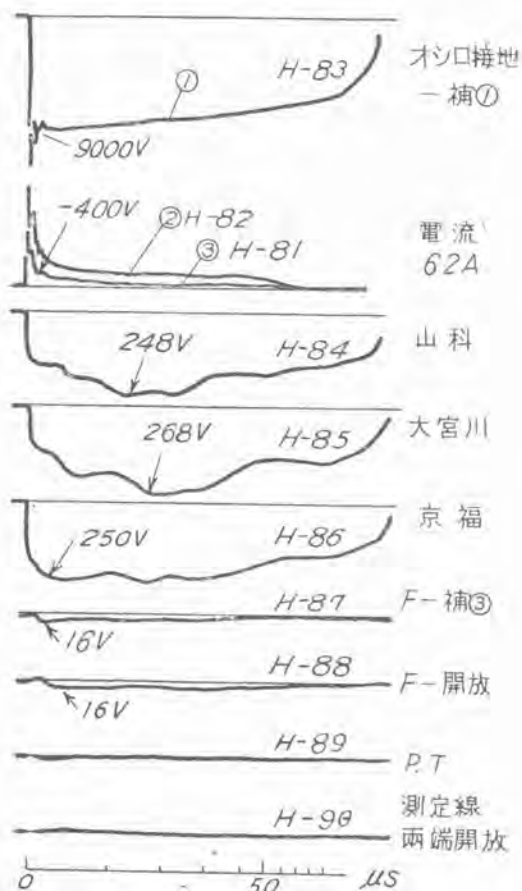


阪(1) 補①と避雷器接地  $E_A$  間に衝撃波印加



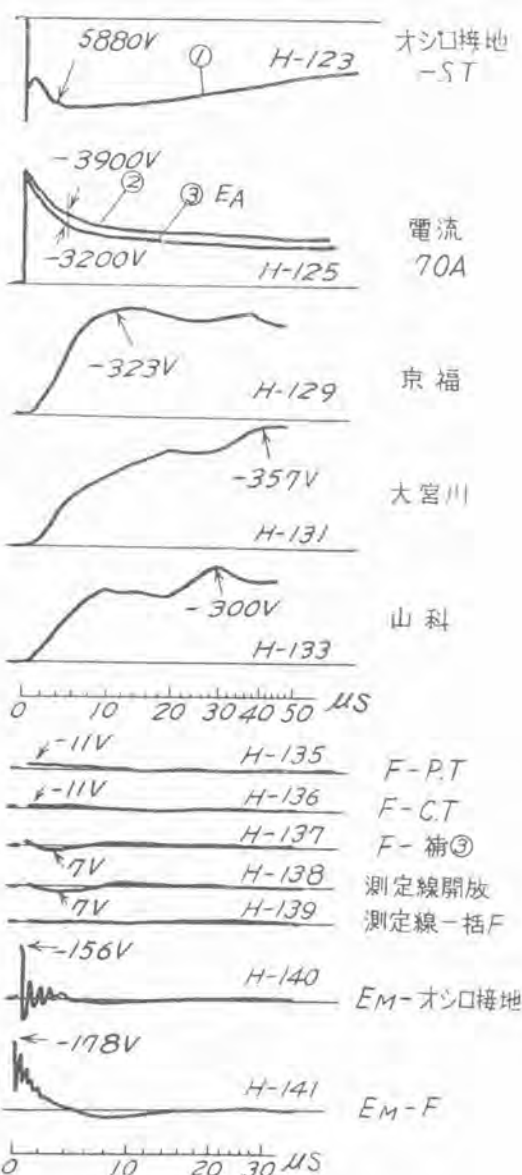
5 圖

阪(2) 補①と避雷器接地  $E_A$  + 變壓器接地  $E_M$  間に衝撃波印加



6 圖

阪(3) 電柱支線  $ST$  と避雷器接地  $E_A$  間に衝撃波印加



7 圖

が、 $F$  と  $P.T$  あるいは  $C.T$  間の電圧波形に幾分異差が認められ、阪(7)の場合に  $P.T$  及び  $C.T$  を通した静電的誘導が多小入る。

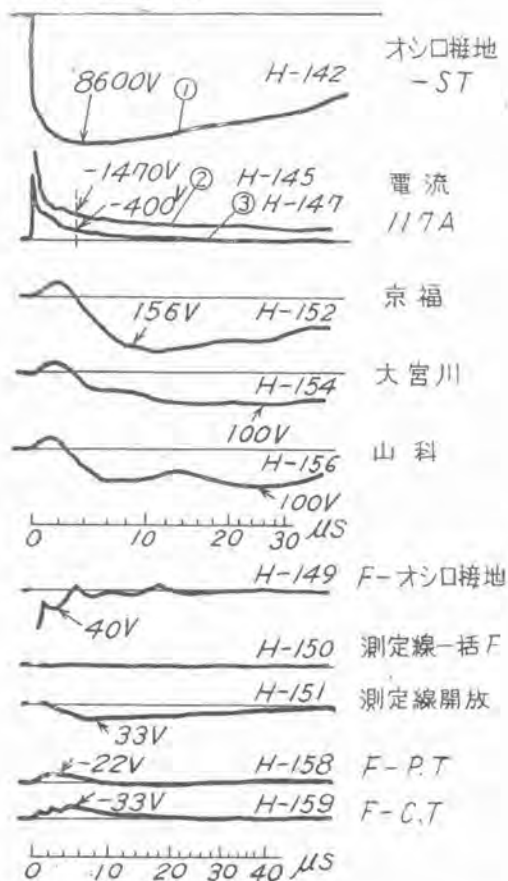
(へ) 阪(5)と阪(6)及び阪(7)の場合を比較すると  $F$  と電話線間の電位は接続の場合が高くなる。これは當然の事である。しかし  $F$  と  $R.T$  あるいは  $C.T$  間の電位は何れも幾分は生ずるが差異はあまり認められなかつた。

## 2. 美旗變電所の場合

8 表に侵入電流 1,000 A に換算した發生電壓を示しこれと聞聯して若干検討すると、

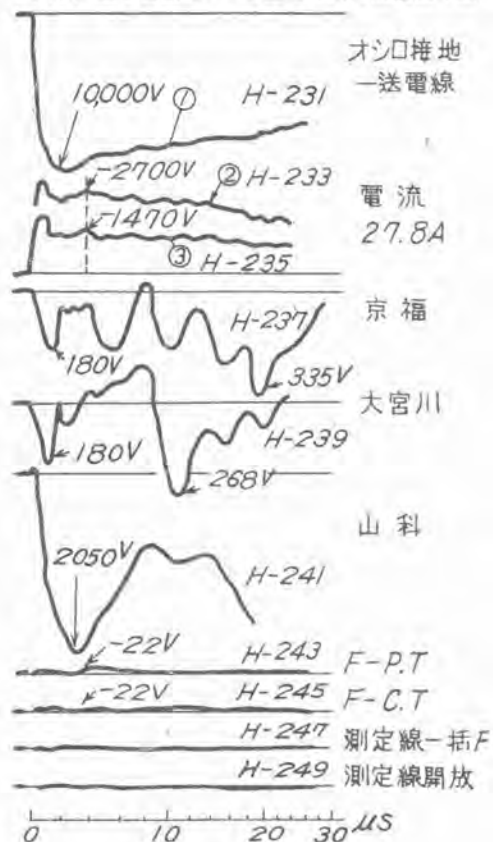
(イ) 美(1)~美(3)すなわち 12 圖~14 圖の送電線を用いた場合は  $F$  と  $C.T$ ,  $P.T$ ,  $P.H$  及び  $C.ct$  等との間の電圧は 300 μs 附近で約 -32 V の値を

阪(4) 電柱支線  $ST'$  と避雷器接地  $E_A$  + 変圧器接地  $E_M$  間に衝撃波印加



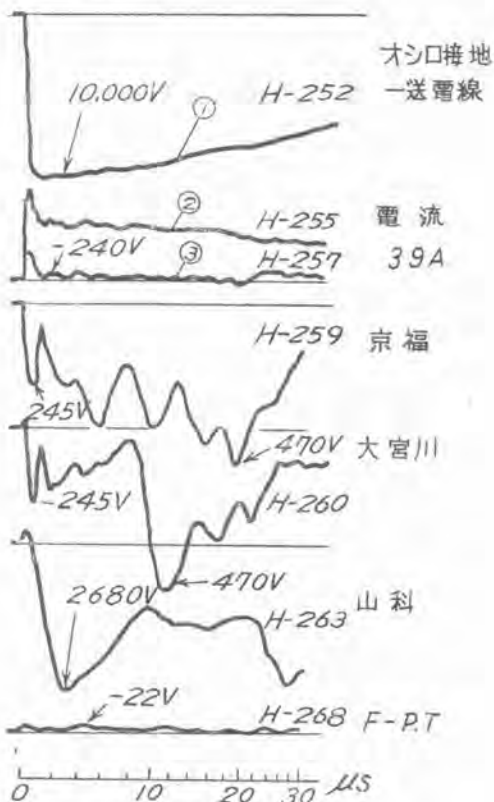
8 圖

阪(5) 避雷器接地  $E_A$  と送電線間に衝撃波印加



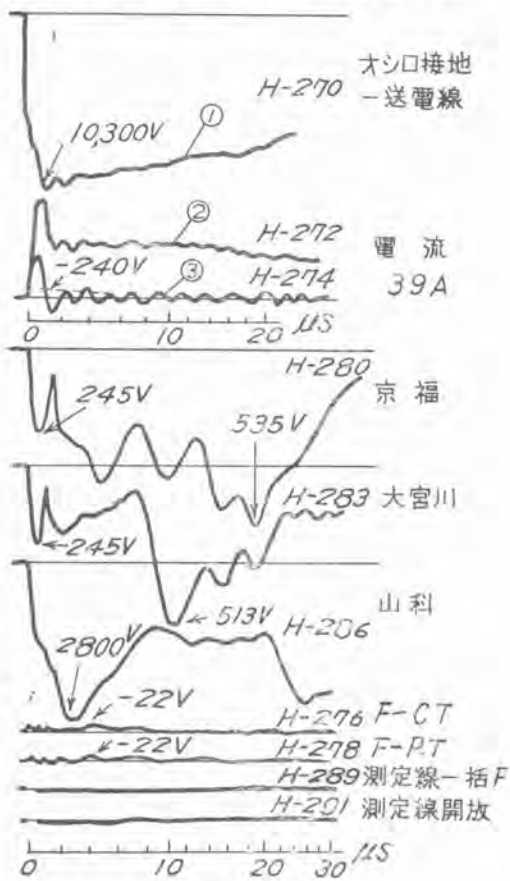
9 圖

阪(6) 送電線と避雷器接地  $E_A$  + 変圧器接地  $E_M$  間に衝撃波印加



10 圖

阪(7) 送電線と  $E_A + E_M$  + 所内機器間に衝撃



11 圖

生じている。

(ロ) 全上の場合で、 $F$  と電話線間の電位に関しては直接の誘導が大きいのであるが、大地電位の浮動の考えよりは美(1)の非接続と美(3)の接続の場合とは実験の誤差内であまり大きな変化がないと一應納得される。美(2)の場合のみ相當に小さくなっているのは了解に苦しむものであり、電話線と鐵構と或る關係を有するものと思われる。

(ハ)  $RC$  と鐵板  $A$  間の電位に関しては美(1)の非接続の場合が最も大きく、美(3)の接続の場合が最も小である。

(ニ) 補①と  $EF_1 \cdots EF_6$  間の電位に関しては、美(1)の場合にも幾分振動はあるが、美(2)及び美(3)の場合に顯著な振動を發生しており、振動周期は約  $5 \sim 8 \mu s$  である。この振動は周期の點より當然鐵構自身の振動と考えられるもので、この結果のみでは近接大地面との間の電位は如何程になるか判らぬが、當然危険は豫想されるもので、鐵構も所内接地と一緒に接地する必要が認められる。

(ホ) 全上の場合で  $O$  点は大體屋外の  $O, C, B$  と同一變動をなす。

(ヘ) 美(4)~美(6)すなわち 15 圖~17 圖の補助接地を用いた場合は美(1)~美(3)の實際の場合とは相當に趣きを異にする。以下美(4)~美(6)の場合を検討する。

(ト)  $RC$  と鐵板間の電位は、前記美(1)~美(3)と逆の傾向を有するが、これは  $RC$  附近の大地電位傾度の問題と思う(次章に説明)。

(チ)  $F$  と  $P, T, C, T, P, H$  等間の電位は美(4)~美(6)の場合あまり差異は生じなかつた。これは接地抵抗低く大地の導通が良いためである。 $F$  は接地がとつてなかつたがこのために非常に危険であるという事なく、大體において大きな容量にて大地に拘束される様である。

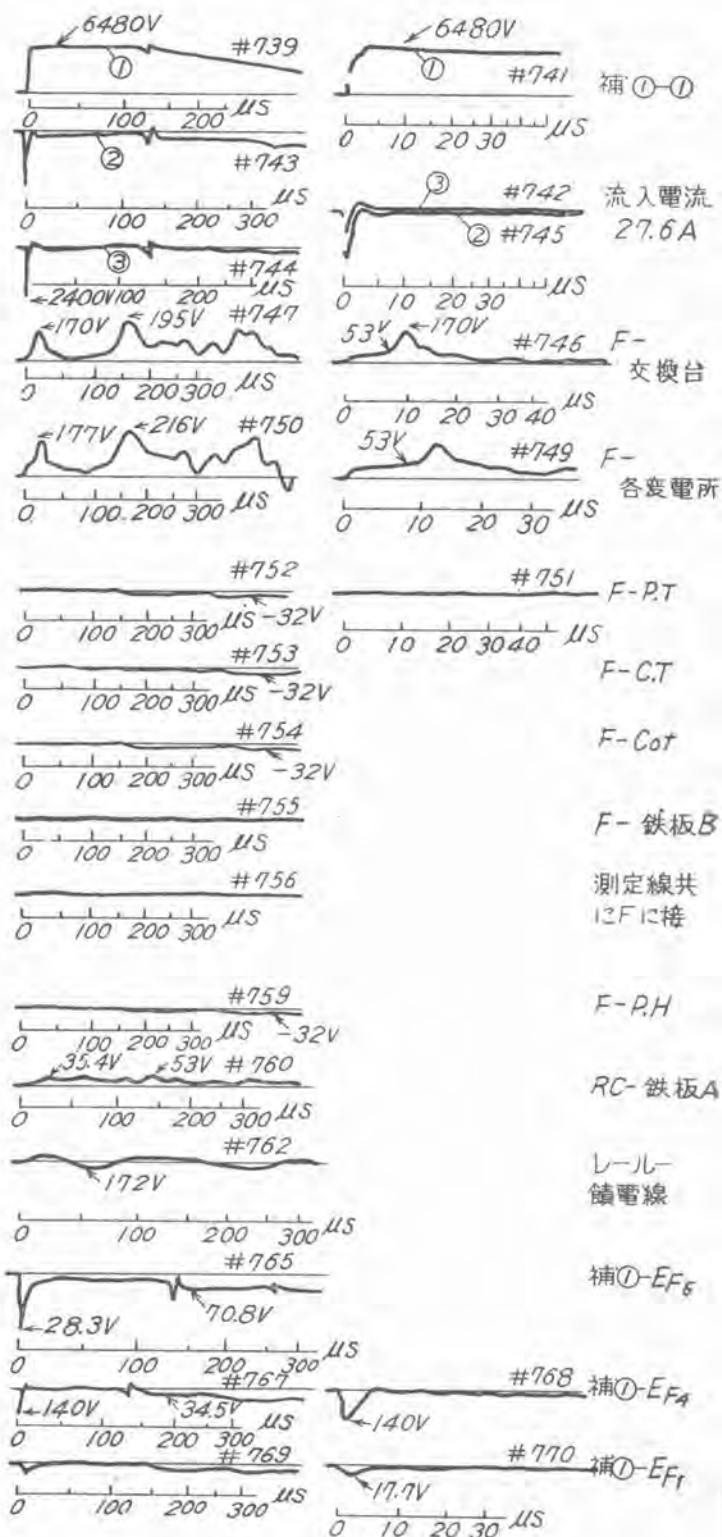
(リ) 補①と  $EF_1, EF_3, EF_5$  等間の電位は、前記美(1)~美(3)の送電線を用いた場合と相當の差異があるが、これは大地内を流れる電流の方向により補①自體の電位が相當に變化する事を示すものである。

#### IV. 大地内電位傾度及び波形に對する検討

大體平面的のものを線上に表わすのはそれぞれの占める位置につき當を得ない憾みはあるが、一應阪本の場合は京福線を、美旗の場合は電話線を基準零電位として各時間に対する大地内電位傾度を求めそれぞれ 18 圖~21 圖及び 22 圖 23 圖に示した。

阪本の場合に京福線を基準とした理由は阪(1)~阪(4)において  $F$ —電話線間の電位で、京福線の立上りが最も早く約  $15 \sim 20 \mu s$  にて全部大體同一電位になつてゐる點よりである。18 圖~21 圖を見ると接続と非接続の差異

美(1)  $E_A$  と 送電線間



12 圖



8 表 美版變電所の場合、侵入電流 1.000A に換算した發生電壓 (V)

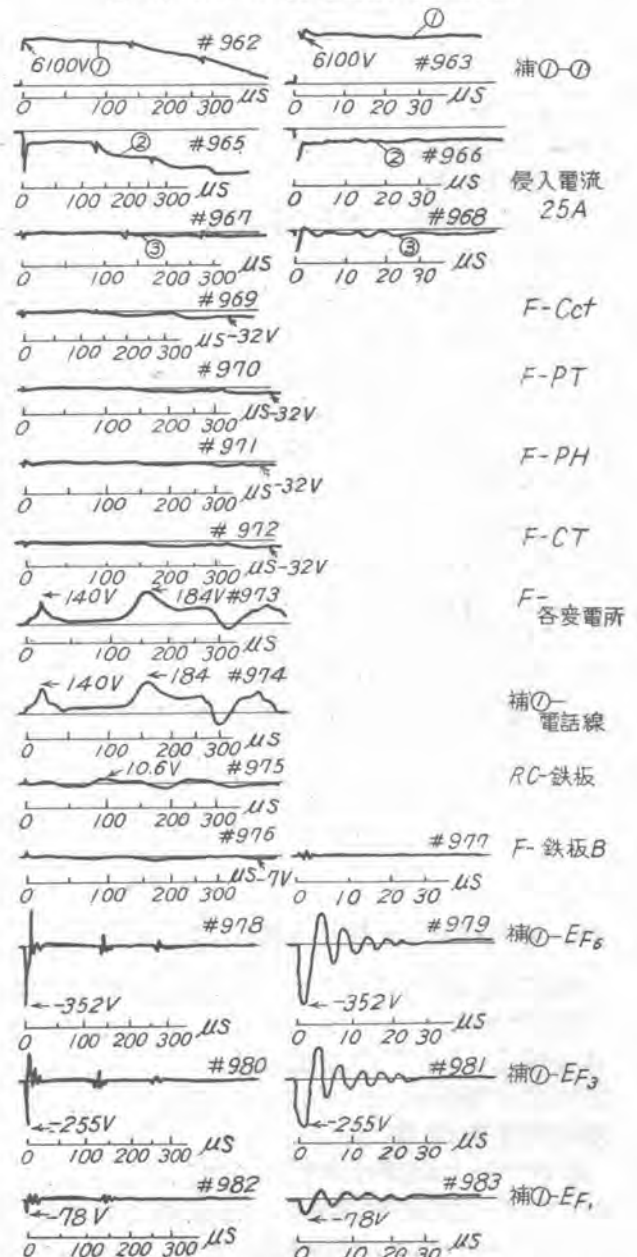
測定箇所	1	2	3	4	5	6
F - 電話線	6170	3100	5600	309	232	247
RC - A	1280	620	425	-617	—	-700
F - C.T	—	—	—	885	—	812
F - P.T	—	—	—	885	730	875
F - P.H	—	—	—	885	—	875
F - C ct	—	—	—	770	—	812
F - B	—	—	—	-154	—	± 62
補①-EF <sub>1</sub>	-642	±2840	-3120	850	—	304
補①-EF <sub>2</sub>	-5070	3700	-10200	900	—	717
補①-EF <sub>3</sub>	-10250	—	—	—	—	1180
補①-補②	—	—	—	—	-730	—
補①-電話線	—	—	—	615	—	-812

美 (2)  $E_A$  + 鐵構 (18 圖點線) - 送電線

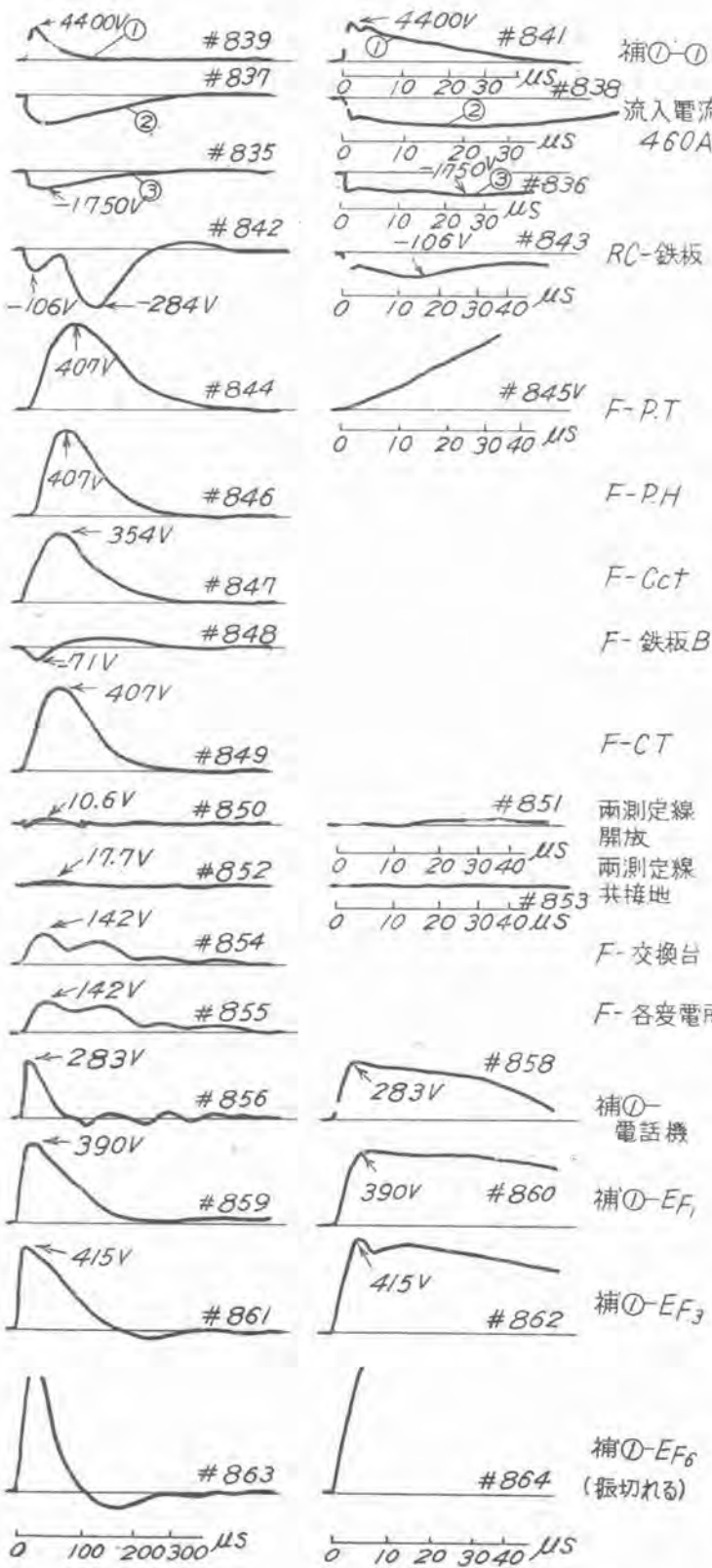


13 圖

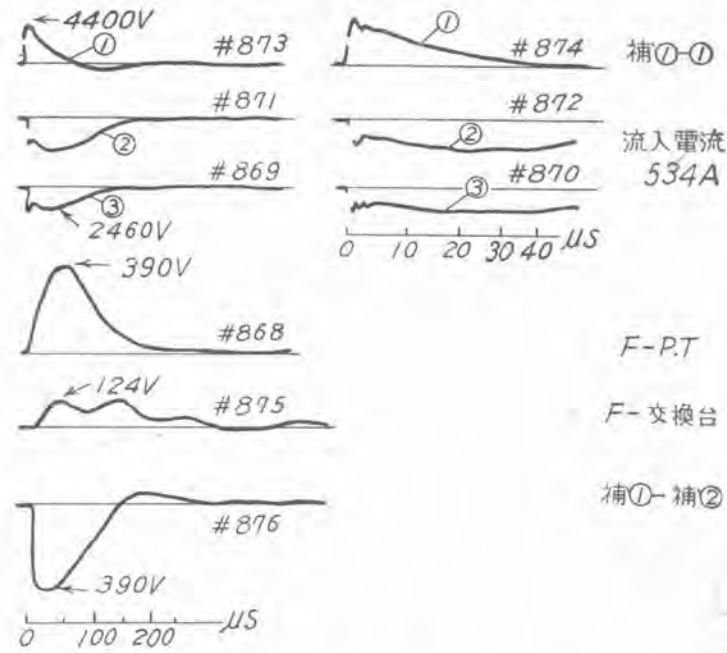
美 (3)  $E_A + E$  (18 圖鎖線) と送電線間



14 圖



15 圖



16 圖

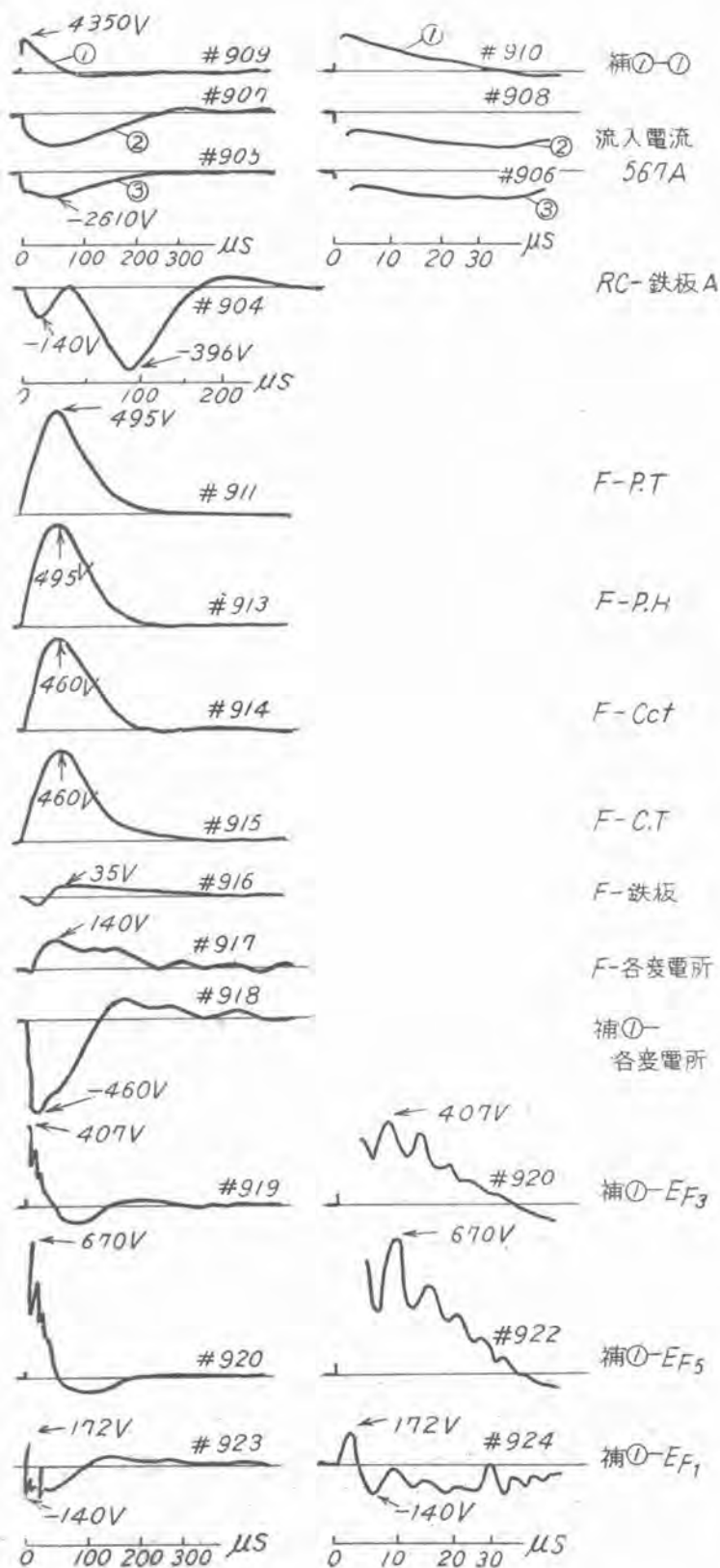
がよく判り、特に 21 圖では  $F$  の電位の移動がよく判る。

美旗の場合は電話線より補 ① 及び  $F$  を、次に補 ① より  $E_{F1}$ ,  $E_{F3}$ ,  $E_A$ ,  $L$  等を求め、 $F$  より鉄板  $B$  を求め、次に鉄板  $A$  と鉄板  $B$  を同電位と假定して電位分布を求めた。美 (4) と美 (6) の場合について 22 圖及び 23 圖に示す、これによると  $P.T$ ,  $C.T$ ,  $P.H$  等の電位は大體  $E_{F1}$  の電位と等しくなった。また補 ① の電位は圖では電位分布と無關係に記入したが兩者の關係は異つてゐる。

次に美①～美③及び美④～美⑥の場合における  $RC$  と鉄板  $B$  間の電位の關係を 24 圖につき検討すると、大地の導通及び接地が良く大地内の電位分布が一様に分布すると考えると、實線で示す如く連接と非連接の差異が生ずる。美 ⑥ の連接の場合は補助接地の位置の關係上圖の點線の如く電位傾度が急となり關係が異なると考えられる。

次に波形に對する検討をすると、阪本の場合の阪 (5) と阪 (6) の非連接と連接との場合の京福線あるいは大宮川線の關係は 25 圖に示す如く、美 (2) の場合を流入電流の比  $39A/62A=1/1.6$  で縮小したものを美 (5) に加えれば得られる。美 (5) と美 (6) は電流値が若干異なるが一應同一とした。

美旗の場合で美 (4) の場合に  $F$  と  $P.T$ ,  $C.T$  等の間に發生する波形は  $F$  と  $E_{F1}$  間の電壓波形に等しい (26 圖 (ロ))。また  $RC$  と鉄板間の電位は了解に若しむ波形をなしているが、この様な波形が發生するためには

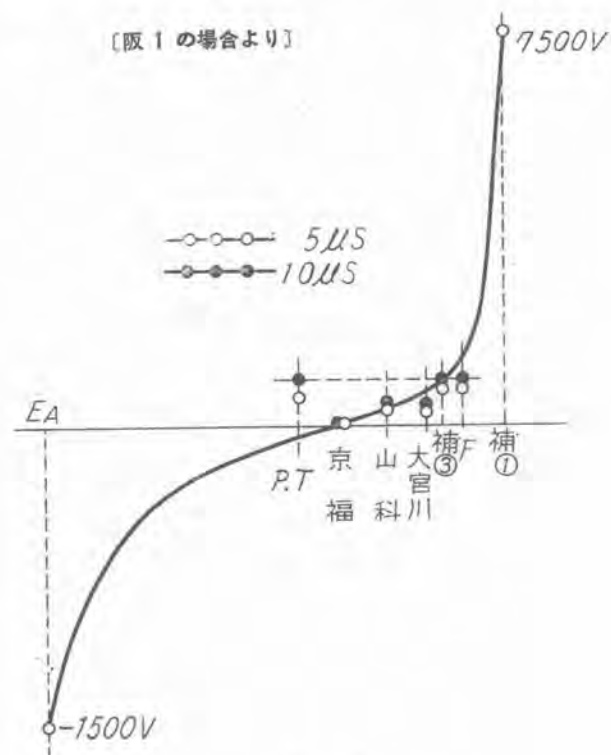


17 圖

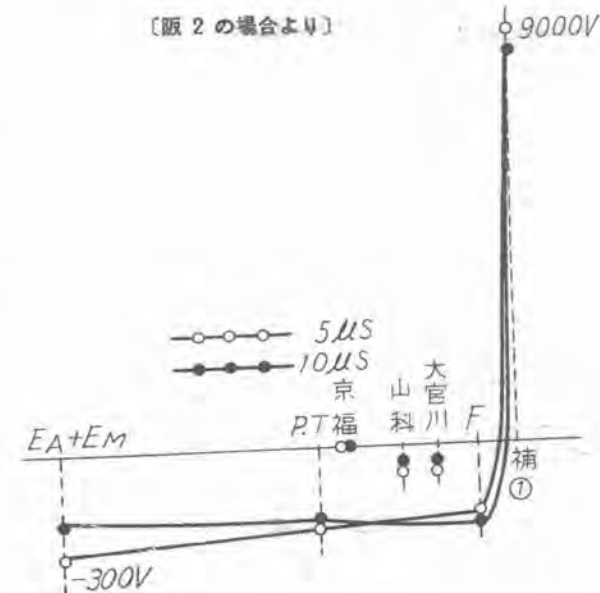
26 圖 (イ) に示す如く補①と鉄板間の電位が変動しなければならぬ。27 圖は美 (6) につき同様な検討を加えたものである。

## V. 結 論

実際には発電所の接地状況、接地箇所及びこれに入る送電線の方法は区々であり一率に論ぜられぬのはもち論であるが、上記の 2 例により大地内電位分布及び連接



18 圖



19 圖

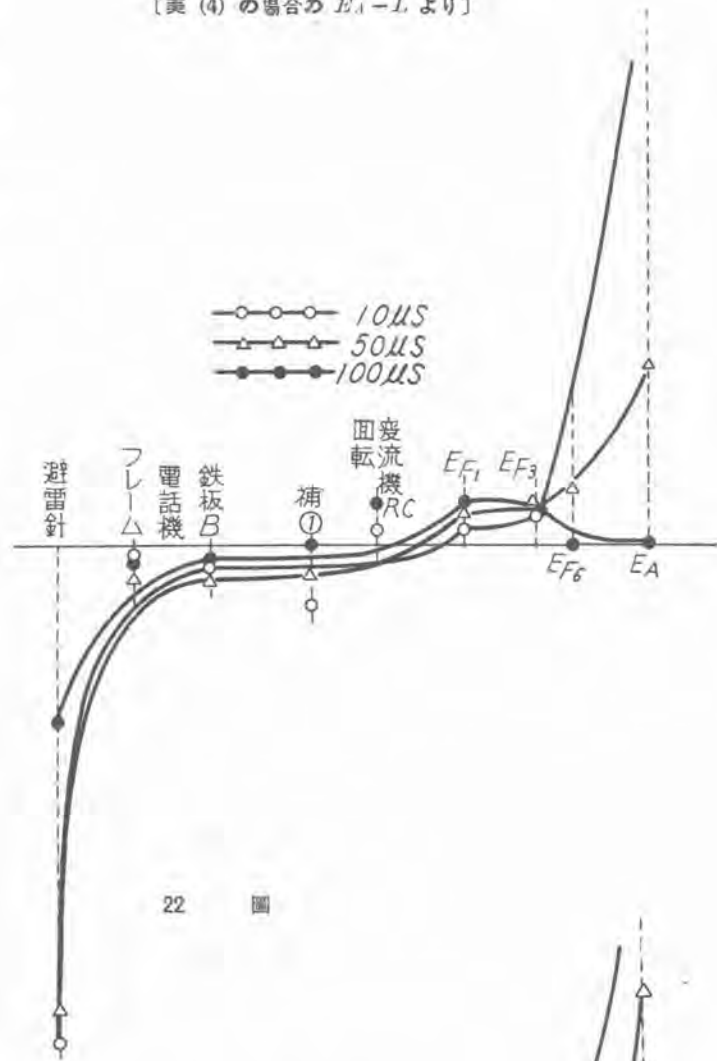


非接続の差異が判り、新しい接地を設けるべき箇所の判断もできると思われる。

更に上記2例につき總括すると阪本變電所の場合は接続しても別に不都合な事態は発生しなく、避雷器接地抵抗が高いのであるから接続した方が有利である。電話線に発生する電位は送電線よりの誘導が大きいのであるから接続、非接続に拘らず萬全の保護が必要である。

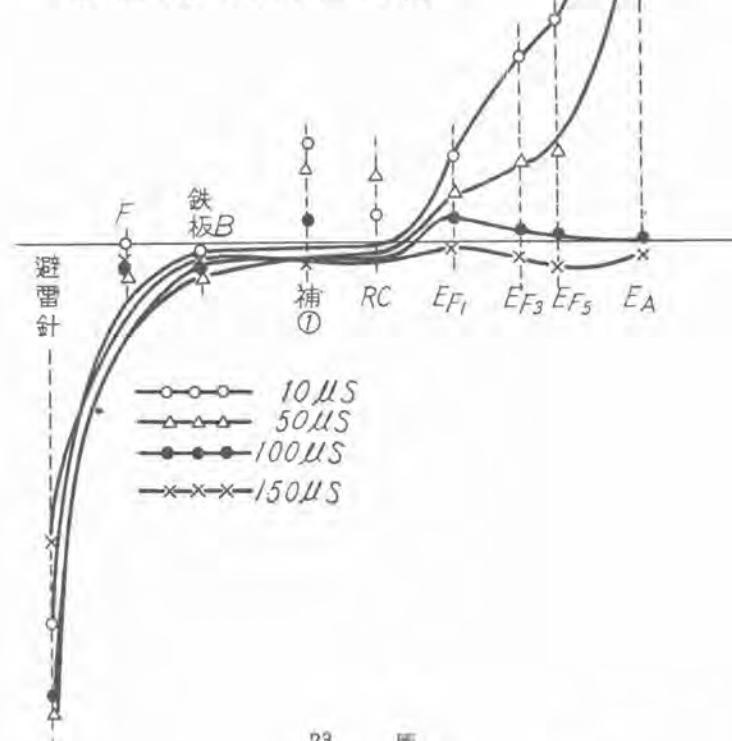
美旗變電所の場合は接地抵抗低く接続及び非接続によ

〔美 (4) の場合の  $E_A - I$  より〕



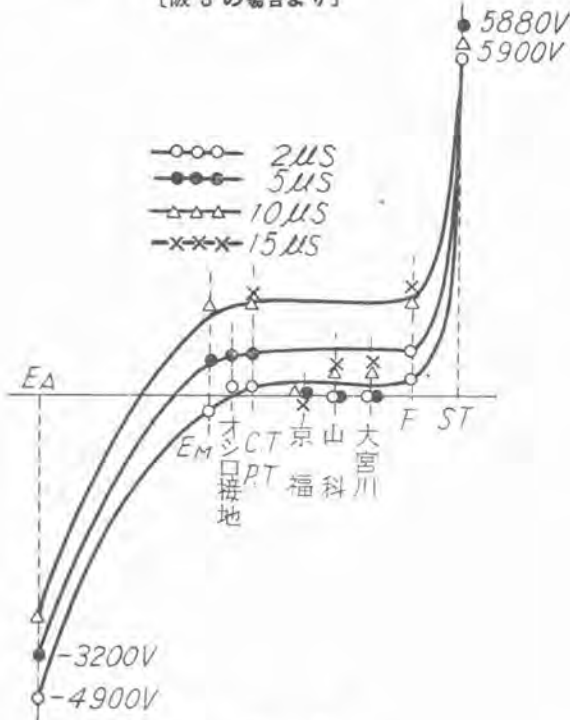
22 圖

〔美 (6) の場合の  $E_A + E - I$  より〕



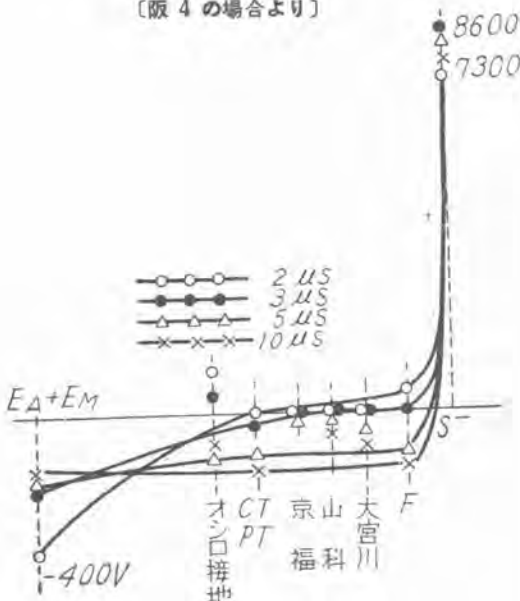
23 圖

〔阪 3 の場合より〕



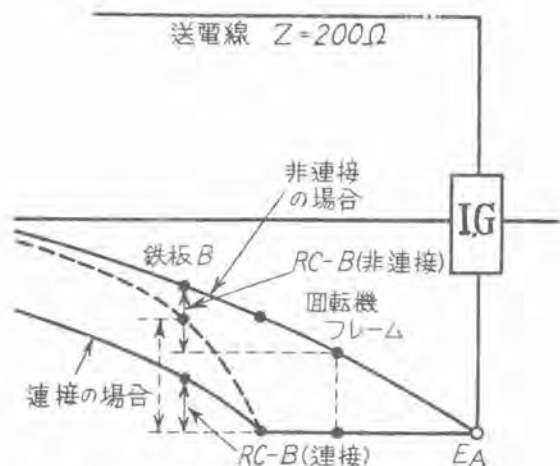
20 圖

〔阪 4 の場合より〕

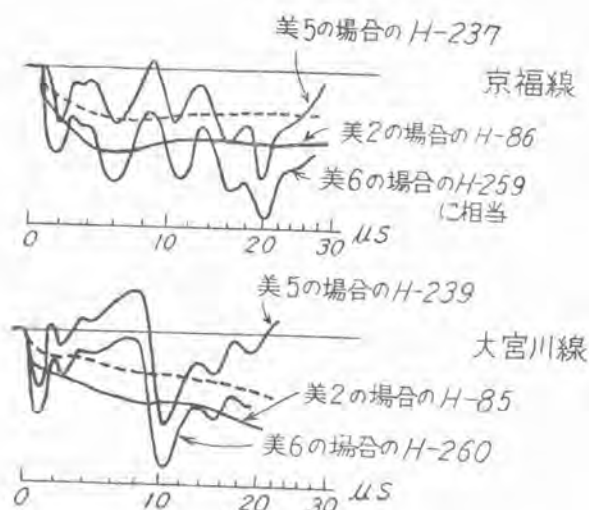


21 圖

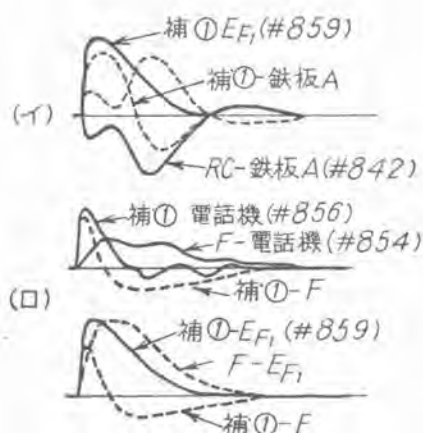
る差異はあまりなく、配電盤は接も不完全であつたがそのために危険な電圧を発生するという事なく、衝撃波に對しては大きな容量で大地に拘束される様であるが、しかし完全な接地が望ましい、回轉變流機のフレームと床



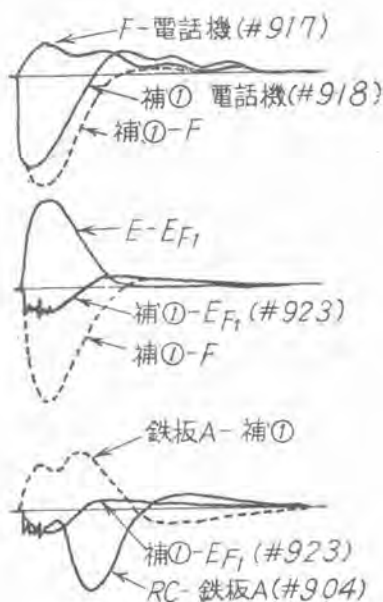
24 圖



25 圖



26 圖



27 圖

面間に発生する電位は接続した方が少ない、電話線等所外より引込まれるものに対しては送電線よりの誘導があるために何れにしろ保護が必要である。

以上侵入電流を 1,000 A として接地浮動電位を求めたのであるが、実際にはこれ以上の放電電流を生ずる場合もあるので、この場合は浮動電位も比例して増大する。(もつとも電流が増大すれば接地抵抗は遅減する傾向を示すから或る程度相殺される。)

更に稀であるが發變電所に近接した線路への雷撃あるいは發變電所への直撃があれば、過大電流が接地に流れる。この様な際に若し接続してあれば所内接地状態が良好であつても相當の危険電圧が所内接地に生ずる可能性は皆無でない。しかしかくの如き場合の避雷方式は發變電所及び近接線路の遮蔽に頼る建前になつてゐるから考慮外である。

最後に本測定は雷災防止委員會關西支部主催の下に實施された諸測定の一つであり、阪本變電所における測定の場合には關西配電技術研究所田中氏、木下氏より多大の資料を頂いている。更に關西配電滋賀支店、阪本變電所の方々及び近畿日本鐵道電力課長石川氏、田村氏ならびに美旗變電所の方々に種々測定の便宜ならびに御支援を頂いた。併せて厚く感謝し、終始指導を仰いだ當社木村博士ならびに同僚諸氏に深謝する次第である。

## 参 考 文 献

(1) 發變電所における連接々地について

電學誌 昭 24 年 3 月 第 69 卷第 725 號

# 電 氣 用 刷 子 の 磨 耗 (2)

森 田 義 男  
前 田 利 晴  
神戸製作所

## V. 油附着状態における刷子の磨耗

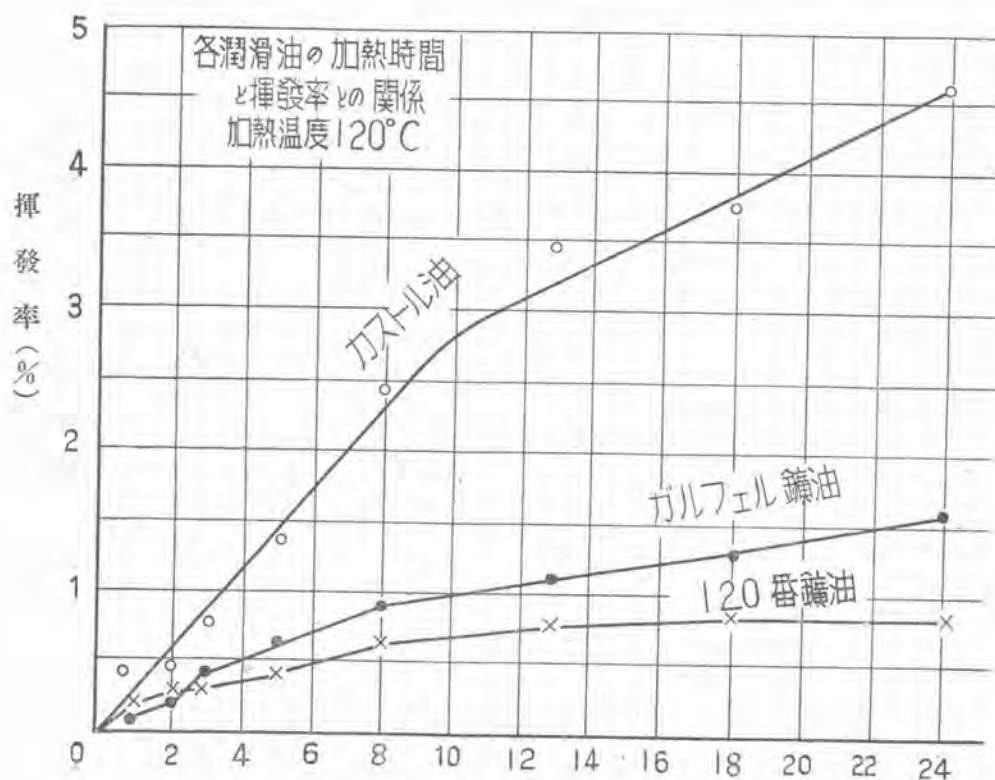
前述の試験にも示した様に、エンジンに発電機が直結される場合や、その他種々の場合に整流子面に潤滑油その他の油類が浸入する事がある。この場合は磨耗は速か

に進行し思わぬ故障に進展する。

実験はこの場合の磨耗状況をとらえるために行われたもので、EG 41 刷子切方〔I〕〔II〕〔III〕等を用い、カストル油、ガリフェル油、120 番鉱油を整流子面に塗布して行つた。油の性質の簡単な比較は 15 表に示したが、

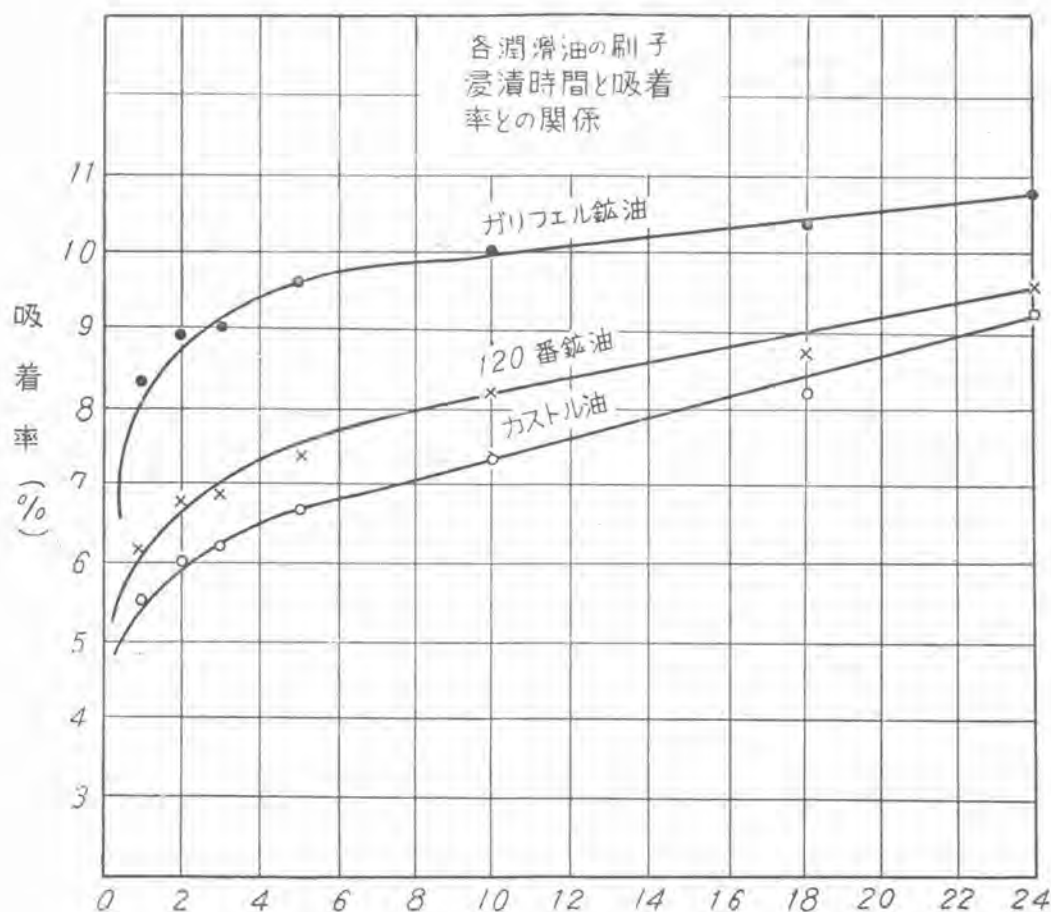
15 表 潤 滑 油 の 比 較 値

油	カストル油	120 番鉱油	ガリフェル油	備 考
物理性質				
比 重 (10°/40°C)	0.955	0.890	0.892	(1) 物理的性質は何れも比較値
粘 度 (10°C)	91.3	107.8	96.9	粘度は粘度杯
引 火 點 (°C)	257	285	283	引火點は電気火花
表面張力 (dyne/cm)	46	44	39	表面張力はリングとバネ
揮 發 率	大	小	中	(2) 揮發率は 120°±2°C 定温乾燥器上にて加熱した後冷却して秤量
吸 着 率	小	中	大	(3) 吸着率は EG 41 を浸漬 90±1°C 湯煎上で加熱し刷子増量より測定



16 圖 (1)





16 圖 (ロ)

揮発率, 吸着率の傾向は 16 圖 (イ) (ロ) の如くである。

刷子の切り方は全実験を通じて, 試料が少なかつたため一定にできず, また油の供給のしかたも実験が進むにつれて変えたので一様ではない。

これ等の実験を一括して見安くしたのが 16 表である。これ等の実験は何れも一應大気中における磨耗を求めて次の実験に移つたもので, 整流子の面はカストル油の場合は毎回ごとに切削仕上をしたが, 他の場合は全実験を通じて毎回ごとに揮発にて洗滌手入したままで行つた。

これ等の実験の結果を一つ一つ詳述する事は煩にたえないので, 17 表に磨耗の状況と整流及整流面の状況の概略を示した。以下 17 表から主要な箇所を抜出してその実験結果の概況を記述する事にする。

### 1. 大気中の磨耗

おののの油の種類に對して先ず大気中の磨耗の結果を求めてから, 次の油附着の場合の実験に移つた。大気中の整流は前述の通りであるが, 切り方 [Ⅱ] の実験で軸承破損のため整流悪化し #3~#6 であつた。

切り方の相異による整流の相異はもち論認められず, 整流子面のあれも 8,000 軒走行のちでも殆んど極少の條痕に過ぎなかつた。

磨耗の状況は前述の通り切り方 [Ⅰ] の場合が最も少な

く 1,000 軒當り 0.05 耗, 切り方 [Ⅱ] で 1,000 軒當り 0.07 耗, 切り方 [Ⅲ] で 1,000 軒當り 0.1 耗であつた。しかしこれは何れも發電機の整流子偏心, 刷子壓, 刷子温度等一定でないで切り方による相異とは考えられず, 一應大気中の磨耗は 1,000 軒當り 0.05~0.1 耗位と見るのが至當であらう。もち論切り方Ⅱの場合の如くベアリングの破損のため, 中途より磨耗は普通の状態の 10 倍にも及んだものもあり, これ等の値の範囲は可なり良好な條件の下における値であらうと考えられる。

### 2. 油附着状態の整流及整流子面

油の整流子への供給のしかたは, カストル油の場合は棒に捲きつけ綿テープや巾切りにしたパラフィン紙に一定の方法で油を含まして, 回轉方向に塗りつけたが, 他の場合は針金による油滴の滴下, 及びスポイトによる滴下等を行つた。これ等は何れも豫備実験により塗布油量を調べて行つたものである。

油が少量の 30 分當り 0.5~5mg の場合は, 油を塗布した直後濕潤である以外を除いて凡て乾燥状態であつた。

整流状況は 30 分當り 0.5 mg の場合は大気中と殆んど變りない程度で #2~#4 または #3~#4 で, 30 分當り 5mg の場合はやや悪く #3~#5, #3~#6 であり, 油量が多い場合は整流子面は 50 分當り 30mg では塗布直後 5 分以外は乾燥状態であり, 30 分當り 50mg で

16 表 潤滑油塗布による磨耗実験実験条件一覧表

[illegible]



17 表

油 附 着 状 態 の 磨 耗 結 果 一 覧 表

油の種類 結果項目		力 ス ト ル 油										1 2 0 番 鈉 油										ガ リ フ ェ ル 油																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
刷 子 切 方		〔Ⅰ〕										〔Ⅱ〕										〔Ⅲ〕																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
実 験 No.		1	2	3	4 (A)	4 (B)	1	2	3	4	5 (A)	5 (B)	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
油 量 %	大 気 中	400~500				4~5	0.5	0.5	大 気 中	0.5	5	50	100	100	大 気 中	0.5	5	30	50	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
運 転 時 間 (h)	200	12				40	80	35	30	20	30	60	30	30	40	20	30	30	30	30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
単 位 運 転 時 間 (h)	10	12				20	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
整 流 子 偏 心 mm	0.007	0.008				0.008~0.012	0.012 以上	0.007	0.018	0.031	0.031	0.030	0.030	0.031	0.031~0.053X2	0.031	0.031	0.031	0.031	0.028																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
主 刷 子 温 度 ℃	130~140	180~205				170~180	160~180	160~180	130~155	130~170	145~185	145~185	155~190	160~210	145~185	100~140	130~160	130~160	130~160	155~185																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
平 均 刷 子 温 度 ℃									130~160 (140)	170	150	165	165	150~210	140	140	160	165	125	180~175																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
整 流 状 況 概 要	井1~井4 大体井2~井4	井4~井8 以上 12時間閉絡				井3~井6	井2~井8	井2~井4	井1~井4 大体井2~井4	井2~井4 井3~井4	井3~井5	井2~井7	井4~井5	井1~井7	井1~井4 井3~井6 大体井3~井4	井2~井5	井2~井7	井2~井7	井5~井7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
整 流 子 面 状 況	條痕小 終了時黒鉛物薄膜あり	條痕及び彈痕大 ライザー側黒鉛物大 乾燥せず 溝橋絡				條痕彈痕輕微 薄い黒鉛粉塗布直後 を除き乾燥	條痕	條痕少しあり 終了後溝磨粉あり	條痕なし	條痕殆どなし 薄い黒鉛被膜 乾燥溝磨粉なし	條痕極小、塗布直後 を除き乾燥溝磨粉針 状堆積	條痕大 最初の数時間を除き 湿润溝磨粉針状堆積	條痕大 3時間以後湿润溝磨 粉橋絡	條痕大 右よりや、乾燥 その 他全じ	條痕なし ベアリング30h以後 破損	條痕なし 乾燥薄い黒鉛被膜あり	條痕極小 直後を除き面乾燥黒 鉛被膜あり	無數の條痕 油塗布直後を除き乾 燥溝中磨耗あり	條痕大 15時間以後湿润溝磨 粉針状	條痕大 不乾燥状態に																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
刷 子 No.		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
極 性		(+)	(-)			(+)	(-)			(+)	(-)			(+)	(-)			(-)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
刷 子 圧 $g/4cm^2$	始 終	680 680	740 740	600 600	720 720	640 620	640 640	610 600	610 450	720 550	720 570	750 330	750 570	1030 930	1050 950	1050 880	1050 820	780 730	870 830	710 710	710 690			710 720	710 690	670 730	650 690	720 740	690 770	710 750	640 680	740 680	590 630	750 640	680 640	840 750	660 660	680 600	640 540	690 520	660 670	600 750	540 750	520 740	670 760	730 710	650 750	700 700	750 750	720 710	750 700	690 700	760 750	710 660	750 730	700 730	740 740	680 660	730 640	730 650																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
磨 耗 の 量 と 時 間	時 間 (h)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									

は初期の数時間は直後以外は乾燥状態、その後は湿潤状態、30 分當り 100mg 以上では全部湿潤状態であり、整流状態も油量とともに悪化し 30 分當り 30mg 程度で #2~#5, 30 分當り 50mg~100mg 程度で整流子面その他の条件が悪い場合は #6~#7 程度であり、良好な場合は #4~#6 程度である。

これ等の整流状態は何れも先ず運轉 1,000 軒~4,000 軒までの初期の状態であり、更に運轉が続けられる場合は油量の極少の場合を除いて次第に悪化するものと考えられる。

油塗布直後の異状整流状況は、油量の極く少ない 30 分當り 0.5 mg の場合は乾燥した整流子面に滴下する事になり、直後直ちに数秒の間 1mm 程度の有足火花が発生するに止まるが、もし軸承磨損等のため整流状態が悪化している場合等は、有足火花も 10~20mm 程度にも及ぶ事がある。また 600 軒走行以後は油滴下直後逆に整流良好となり、10 分後次第に元に戻る現象を示した。

30 分當り 5mg 滴下では、初期には直後悪化 1 mm 程度の有足火花の発生、数時間走行後には直後 1~4 mm, 特にカストル油では 1,000 軒走行後は 1~3mm, まれには、8mm 程度の有足火花が発生した。カストル油, 120 番油では 8,000 軒程度でリングファイヤーの発生を見た。ガリフェル油では有足火花も大とならなかつたが、700 軒程度で直後整流良好, 1 分後却つて以前より多少悪化 3~5 分で元に戻る現象、カストル油で直後そのまま 10 分位で多少の悪化ののち以前に戻る現象等が見られた。

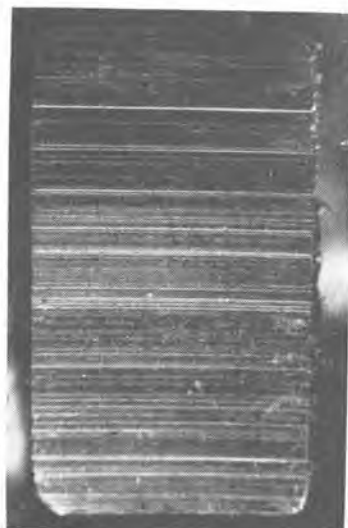
30 分當り 30mg の実験はガリフェル油のみであるが、整流子面は塗布直後 5 分以外は乾燥状態にある。初期の滴下直後は整流良好 5~7 分も無火花の状態となり、10 時間すなわち 400 軒走行後は直ちに悪化、赤黄色の火花の発生を見、次第に青白色火花に戻つたが 15 時間、600 軒走行後には直後にリングファイヤーとなつた。



(イ) カストル油 500mg/30分/2 時間後の  
起電機の状態



(ロ) カストル油 5mg/30 分/12 時間後の  
整流子面



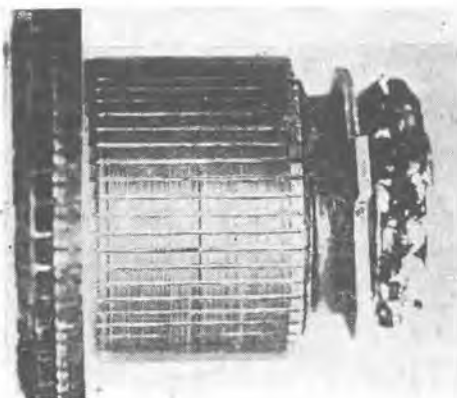
(ハ) 刷子側面磨滅粉附着状況



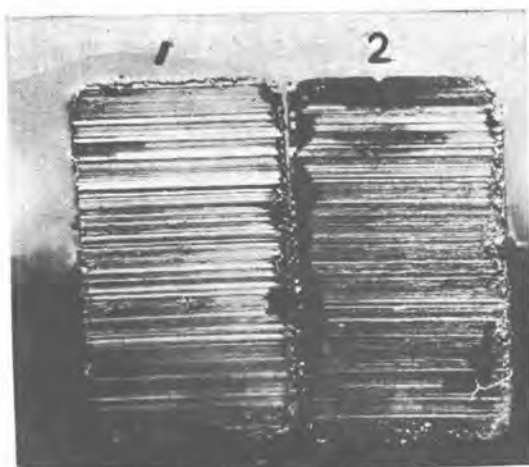




(ニ) リングファイヤーの状況



(ホ) 整流子の磨耗と溝の橋絡状況



(ヘ) 刷子面の油の浸潤と面の状況

17 圖(2)

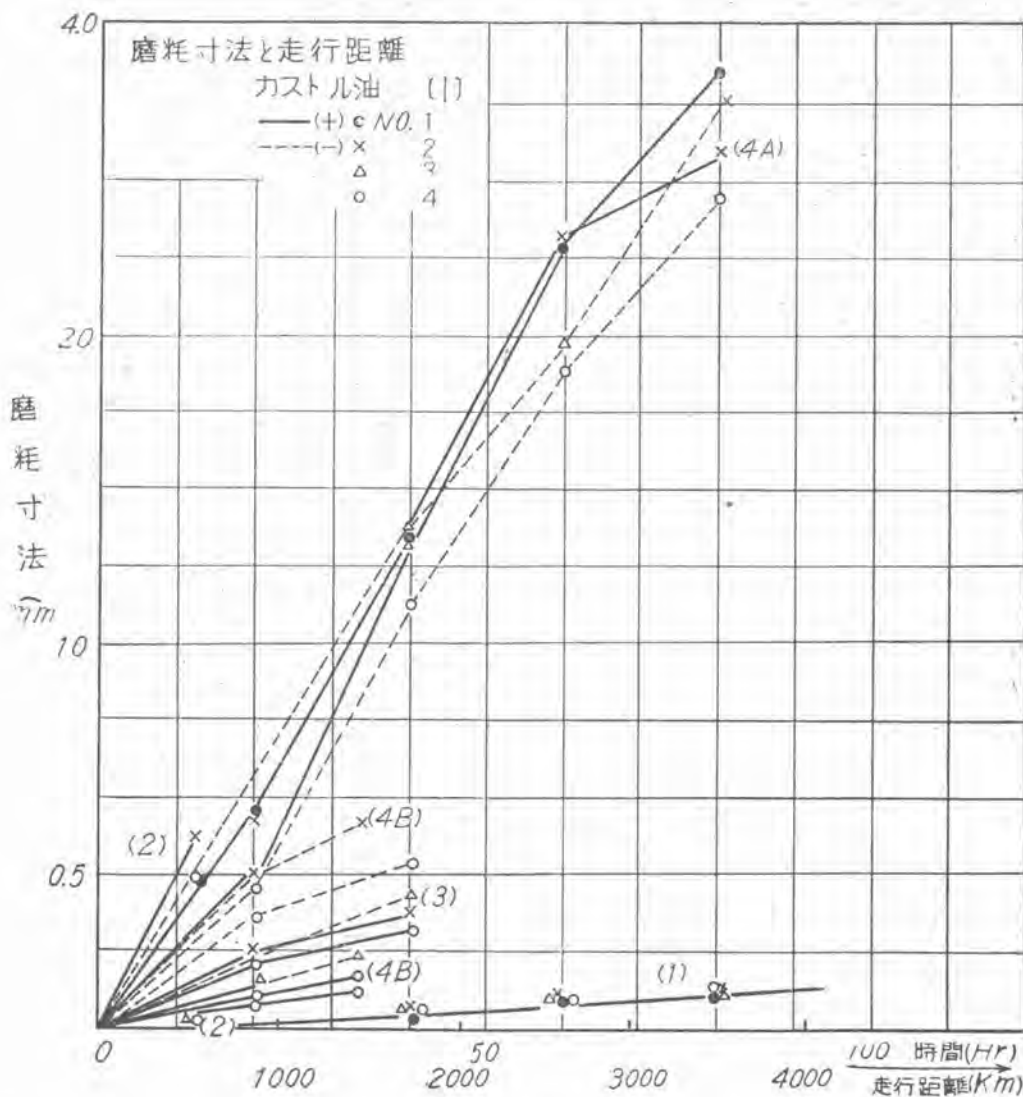
30 分當り 50mg では、大體濕潤と考えてよいが、120 番蠟油で走行距離 1,000 軒以前は直後悪化、2,100 軒にしてリングファイヤーを生じ、走行距離 2,000 軒程度の時も直後 3~5 分もリングファイヤーが連続した。また

1,000 軒以後は一時却つて整流が良好になつた。ガリフェル油ではリングファイヤーは、1,000 軒走行後に發生し、それ以前では直後 10~7mm 位の有足火花を發生した。

30 分當り 100mg では整流面は殆んど濕潤で、120 番蠟油では 100~400 軒程度では直後に連續的にリングファイヤー發生、その後直後よりやや時間を置いて 5~7 分後に發生し、次の塗布まで繼續した。有足火花は 3~20 mm で全運轉時間中發生した。他の實驗では 400 軒後にリングファイヤー、有足火花は 2~7mm、1,000 軒走行後 20mm となつた。ガリフェル油では初期には直後 10 分で圓周兩部に全時に發生、5~15 分連續した。有足火花は初期では 1~2mm、1,000 軒後には 5~7mm となつた。

30 分當り 500mg ではカストル油の實驗のみであるが、整流は漸次悪化し、整流子の法線方向に油分の點火による火焰の發生を見た。550 軒後に閃絡を生じ、運轉不能となつた。有足火花は初期 2~3mm、500 軒程度 10~12mm で初期直後良好、後期直後悪化の現象を示した。

整流子面は油量が少ない場合は、200~400 軒で、薄い



18 圖 (イ)

黒鉛被膜で覆われたまま、運転状態を続け面の荒れは大気中と大差ないが、油量が比較的に大となると黒鉛被膜は厚く乾燥固着する状態で運転される。更に大となると面が濡潤で被膜は厚くならず、刷子及び油流で清掃されるが、これ等の磨耗は粘體となつて整流子溝に針状に成長し、遂には橋絡状態となる事になる。甚しい場合 100 mg では深い條痕の外に弾痕をも生じた。100 mg 以下では條痕のみで油量と走行距離が多い程條痕も大であつた。整流子の直径の減量は 1.0 番減油とガリフェル油の実験で次の如くである。

刷子	油	運転時間	直径(耗)	減寸法 耗)
Ⅱ	120 番減油	180	51.78	0.05
Ⅲ	ガリフェル油	190	51.36	0.1

すなわち大體整流子の磨耗は摺動回数約  $5 \times 10^7$  回程度、8,000 軒後の走行で 0.025~0.0 mm の平均寸法磨耗を示したが、もち論この状態は油浸入の特別の場合で、大気中での良好な条件の運転では遙かに少なく 0.01 mm 程度である。

整流子の磨耗が  $10^7$  回程度で疲勞による絲狀磨耗を示電気用刷子の磨耗 (2) ・森田・前田

すとされているが、この実験では全く見る事ができなかった。

これ等の状況を示すために種々の場合の代表的な整流子その他の状況を写真 (17 圖) に掲げて置く。

### 3. 磨耗量及び刷子温度

刷子の温度は全実験を通じて大気中の刷子温度に比して油附着の場合の方が、平均温度が高い。しかしこの平均温度の上昇率は 30 分當り 0.5, 5 mg の場合が最も高く、傾向としては飽和的である。また刷子温度範囲は油量大なる場合程大であり、最高 220°C にも達する場合も生ずる。整流の状況と刷子温度には極部的には明確な関係は見られない。

この刷子温度と油量の定性的な概況を示したのが 19 圖である。この関係でガリフェル油の場合不連続であるが、これは後述の磨耗量の不連続性からも推定される如く、多少の条件が異なつていたためであらう。

磨耗量は 17 表に示した如く、油量が極く少ない 30 分當り 0.5 mg では、殆んど大気中と變りない状態であり、カストル油の場合のみ 3 倍位となつてゐる。30 分當

り5mgで1~2倍、カストル油のみ6倍を示している。30分當り30~50mgでは2~3倍、30分當り100mgでは5倍~15倍を示している。カストル油では30分當り50~100mgでは実験を行っていないが、50分當り100~400mgでは22倍にも及んでいる。

しかしこれ等の磨耗量は何れも運轉初期の状態であるが、油量の少ない場合は、時間的には比例するが油量が大となると1,500程で既に磨耗量が増大の傾向にあり、以上の値は最小限の値と見られる。

次に極性による磨耗の差は大氣中では(一) 刷子がやや大である事は前述の通りであるが、油附着の場合も、

(一) 刷子が大である場合が多い。特に運轉中(+) 刷子整流不良なる場合も見受けられ、一例では(+) 刷子磨耗大 他の一例では(一) 刷子大であり、直接整流状態が密接な関係を持つているとも考えられないが、多くの場合整流不良な(一) 刷子が磨耗も大である。

次に整流子の編心が特に大なる場合、例えば軸承が破損までに至らず、運轉される場合等は大氣中でも前述の如く10倍にも及んでおり、油附着の場合は油量が0.5mgでも15倍に及んでいる。

また通風、軸承温度の影響により、ライザー側刷子と

軸承側刷子とでは、面の乾燥状態に差を生じ、軸承側の刷子がやや油の影響が少なく、磨耗も小さい場合が生ずる様である。これは油量が實際の塗布量より少ない状態で磨耗するのと全様と考えられる。

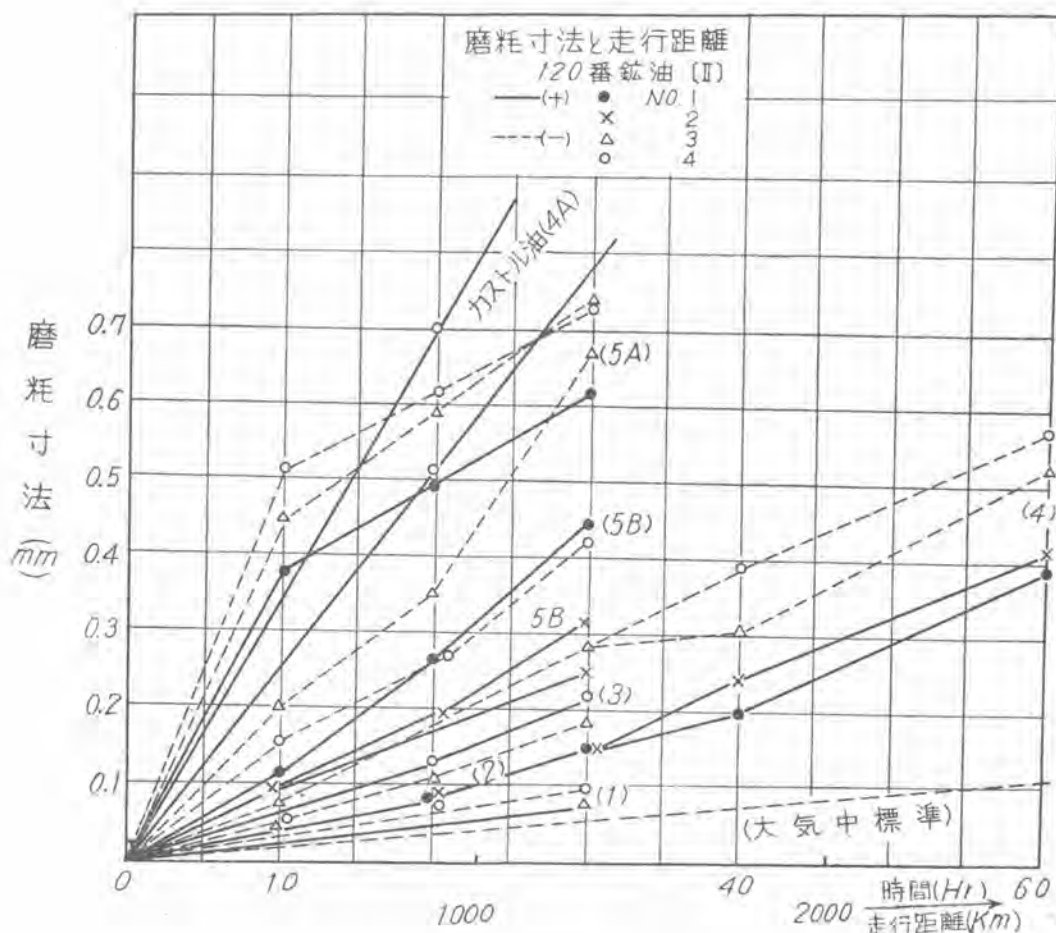
また油の種類では吸着率の少ない順に磨耗大であるが、油の如何なる性能と關聯があるかは後述することにする。

整流異状及びリングファイヤーの發生等は、何れも油及びそれによる磨耗による結果として考えるのが至當であり、整流悪化によつて磨耗が進められるのではない。

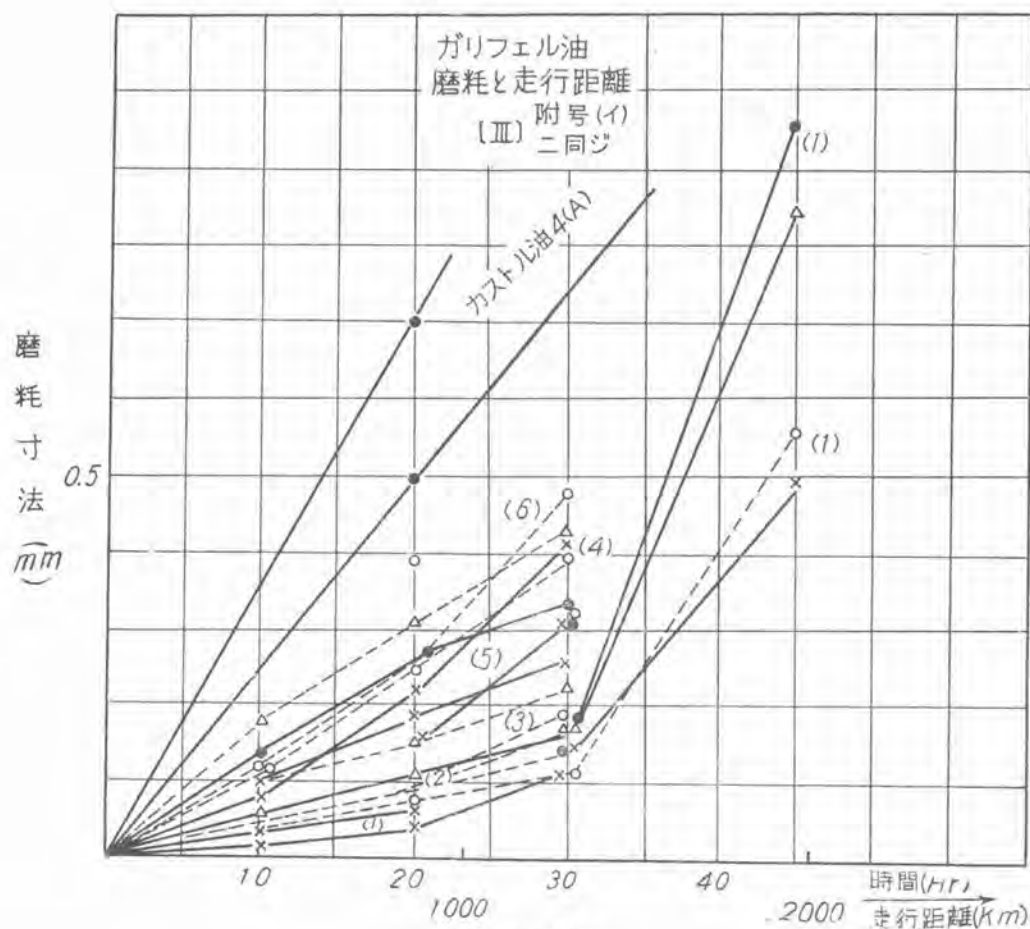
油浸入及びそれによる磨耗の結果として、整流悪化、異状整流、リングファイヤーがあり、その後これらも相互に多少の關係があるに過ぎないと考えられる。

カストル油を除いて他の油の場合は整流子面は、切削仕上をなさず次の實驗に移つたので、前回の實驗による面の荒れが存在する状態で行われた譯であるが、120番鐵油の實驗 No. 5 (A) (B) の差、ガリフェル油の實驗 No. 4, 5, 6 等の結果から考えて面の荒れが大した影響を及ぼしていない事が考えられる。

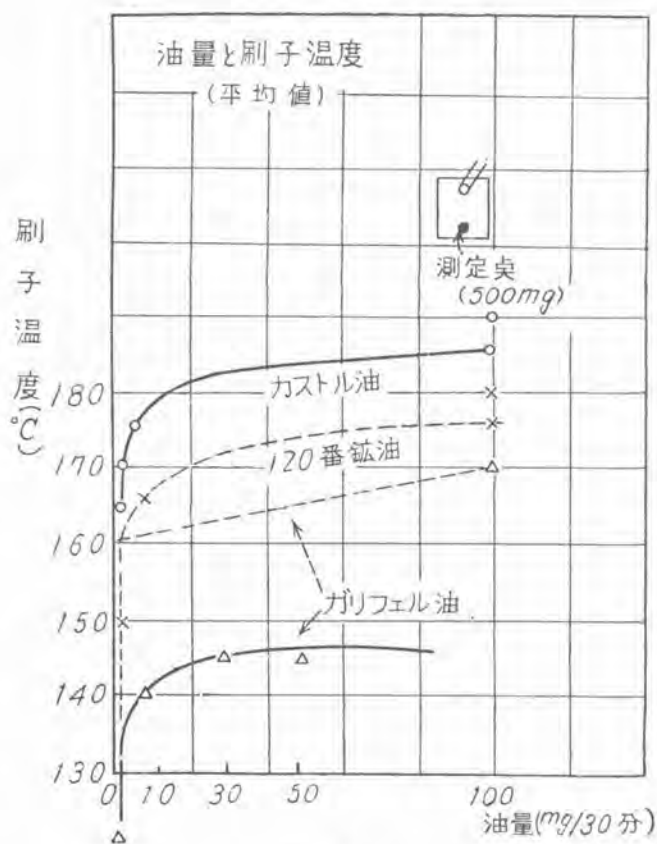
以上の結果を17表に一覽表として示し、また磨耗の時間的傾向、定性的な油量と磨耗、定性的な概況を示し



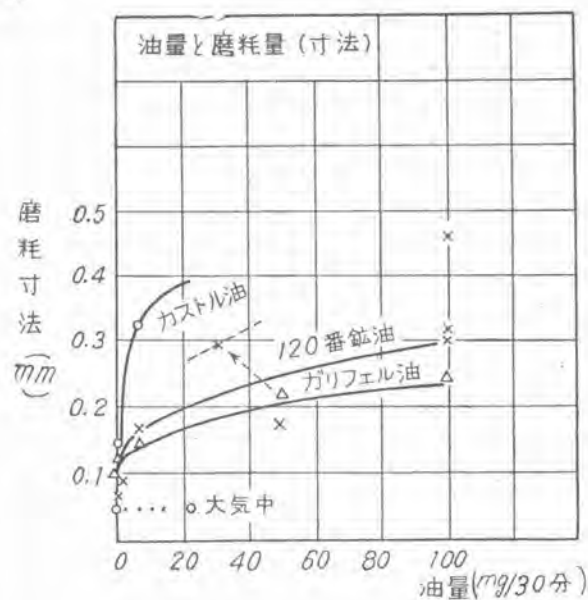
18 圖 (ロ)



18 圖 (ハ)



19 圖



20 圖

たものが 18 圖 19, 20 圖である。

なお油附着運転では 30 分當り 100 mg の例で 1,000 軒程度で発電機は甚しく絶縁低下をするが油と刷子粉の粘體を除けば元に回復する。



# ラジオヒータによる蓄電器套管の乾燥について

ラジオヒータによる蓄電器型套管の乾燥は W 社においては、既に實用に供されているが、當社においても 69 KV のものについて基礎實驗を行い、良好な結果を得たのでその概況を報告する。

研 究 所	馬 場 文 夫
研 究 所	渡 邊 文 明
伊 丹 製 作 所	高 木 敬 三

## I. 緒 言

蓄電器型套管のラジオヒータによる乾燥は、1964年の Electrical World に發表され、當社においても一昨年末不良套管 ( $\tan \delta$  13%) を、3 KW ラジオヒータにより乾燥し、規定の耐壓試験に合格した。その後本方法を實用に供するため、更に基礎的な實驗を行い、大略の試料を得たので報告する次第である。

本稿の概要は、69 KV Bushing 乾燥に必要な高周波電力、高周波加熱時の抵抗値と  $\tan \delta$  の關係等の基礎資料を記し、次に實際の套管の乾燥装置及びその前後の状態に關する資料を記した。終りに高周波乾燥が従來の方法と比較して、次の諸點が有利であることを記した。

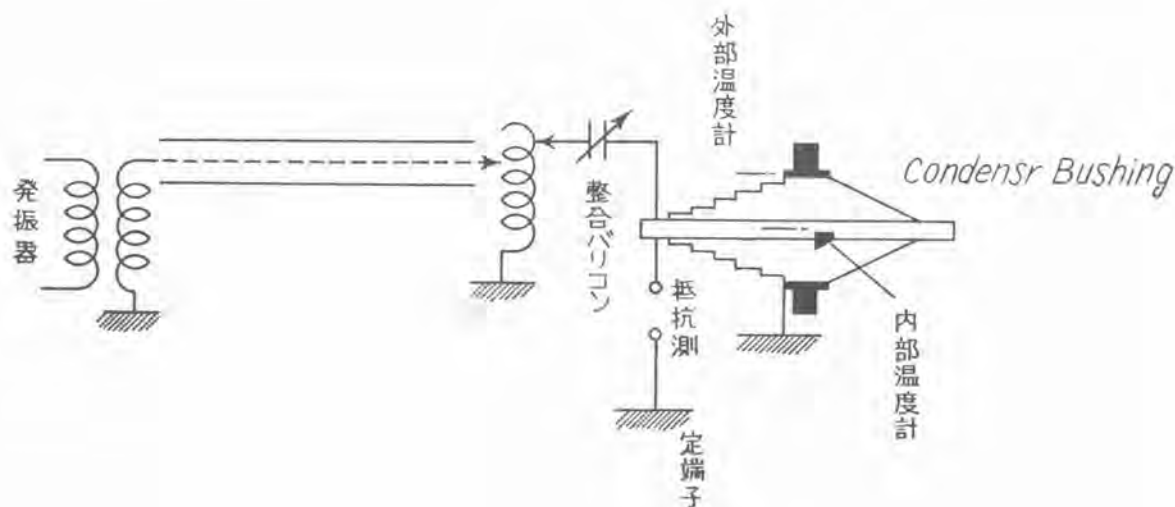
- (i) 乾燥速度が大となる。
- (ii) 一様な乾燥が可能である。
- (iii) 熱源の節約
- (iv) 設備が簡單化される。

## II. 套管の高周波乾燥の基礎資料

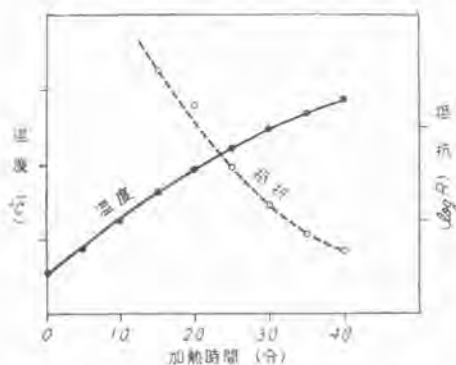
### i) 必要な高周波電力

1 圖のような装置により 69 KV 套管を高周波加熱し、溫度上昇曲線をとると 2 圖のようななる。實際の乾燥においては、先ず溫度を上げ、その溫度で眞空にいつつ數時間ないし數 10 時間保持せねばならないから、必要高周波電力を  $W$  KWH とすれば

$$W = a + bH$$



1 圖 高周波加熱結線圖



2 圖 加熱時間と温度、抵抗の関係

$a$  は套管の熱容量及び上昇温度で定まる常數

$b$  は熱放散により定まる常數

$H$  は真空處理時間であり、實驗結果によれば

$$a=0.63 \quad b=0.27 \quad \text{であつた.}$$

なお  $H$  は物により異なるが、一般乾燥の  $\frac{1}{10}$  以内で充分であり、従つて必要電力量は従來に比して著しく節減できる。

## ii) 温度と抵抗の関係

一般の絶縁物においては、温度  $T$  (絶対温度) と抵抗  $R$  との間には  $R=Ae^{\frac{b}{T}}$  なる関係がある。しかし温度を  $50^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$  の間について考えれば、温度差  $\Delta\theta$  とすれば

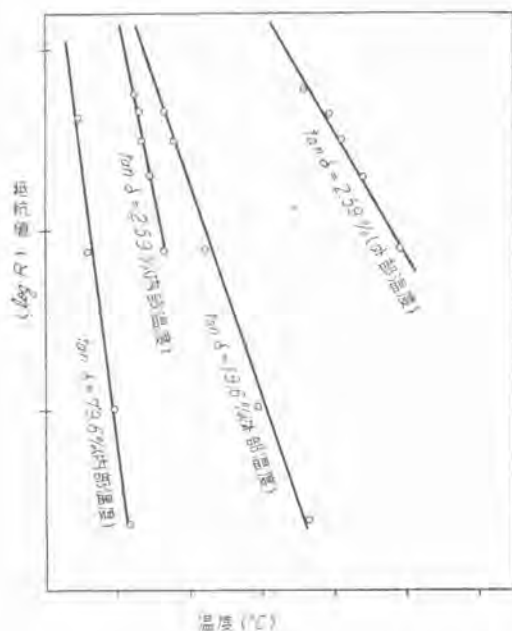
$$R=A'e^{-B'\Delta\theta}$$

すなわち

$$\log R=A''-B''\Delta\theta$$

と近似できる。

實驗結果によれば、3 圖のように大略上式の関係を満足

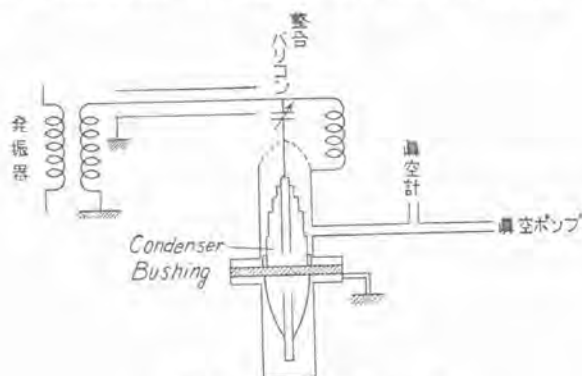


3 圖 温度と抵抗値の関係

し、かつ  $\tan \delta$  の異なることにより  $A'', B''$  共に異つてゐる事が判る。これは少くとも、二つ以上の温度における、抵抗値を測定せねば高温時の抵抗値は推測できぬ事になり、低温時の  $\tan \delta$  測定のみで必ずしも良否を決定難しいこともあり得る。

## III. 套管の高周波乾燥装置及乾燥結果

4 圖の如く、套管の中心と外側に高周波電壓をかけ、かつ外側は真空タンクと結合して共に接地されている。



4 圖 高周波乾燥装置

最初真空にせず高周波電壓をかけ温度を上げて、ある温度に達すれば高周波電壓を下げて一定温度に保つ。この時真空装置を働かして、高周波電壓による放電が起らない程度の真空度に止める。

本方法により乾燥したもの、乾燥前後の状態は下記の如くであつた。

$\tan \delta$ , 測定電壓	乾燥前	乾燥後
10 KV	11.6%(20°C)	1.05%(22°C)
25 KV	11.6%( # )	1.10%( # )
40 KV	12.0%( # )	1.17%( # )

### 乾燥後耐壓試験

試験電壓	温度	時間	良否
104 KV	高温	10分	合格
160 KV	低温	1分	合格

抵抗値  $65^{\circ}\text{C}$  にて 1000 Volt メガーで無限大。

上記結果は従來は2週間以上乾燥を必要としたものである。

## IV. 高周波乾燥の特長

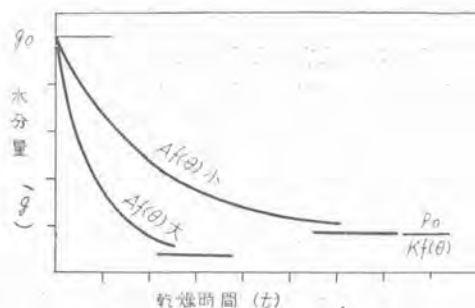
### i) 乾燥速度を大にする事ができる

何故高周波乾燥が従來の乾燥方法に比して、如何に速度を早くできるかに關して検討すると次のようになる。今套管の温度  $\theta^{\circ}\text{C}$ ,  $\theta^{\circ}\text{C}$  における最大蒸氣壓を  $f(\theta)$  套管内の水分量  $g$  gr (單位體積當)

外部蒸氣壓を  $P_0$  とすれば

$$\frac{dg}{dt} = -A\{kf(\theta) - P_0\}$$

(ただし  $k$  は常數,  $A$  は表面状態による常數)



5 圖 水分量と乾燥時間との関係

これを解くと

$$g_t = \frac{P_0 + \{k g_0 f(\theta) - P_0\} e^{-k A f(\theta) t}}{k f(\theta)}$$

$g_0, g_t$  は最初及  $t$  時間後の水分量である。

これを表に書けば 5 圖のようになる。

上式において  $f(\theta)$  の値は、一般乾燥より高周波乾燥の方が  $\theta$  が大であるから、約 5 倍以上となる。かつ高周波加熱が一樣な温度上昇を可能とする事から、 $A$  の値も大となり、一般乾燥の  $\frac{1}{10}$  以内で乾燥できる事は當然であろう。

## ii) 一樣な乾燥が可能である

高周波加熱の今一つの特長として、水分の多い所に餘

計の電力が吸収される、いわゆる選擇加熱が可能であることである。この事により最初一樣でない水分分布も高周波加熱後一樣となる。

## iii) 熱源の節約

高周波加熱は被加熱物のみに熱を與えるのであるから、高周波に変換するのに約 50% の損失があつても、他の熱源に比して能率は良好である。

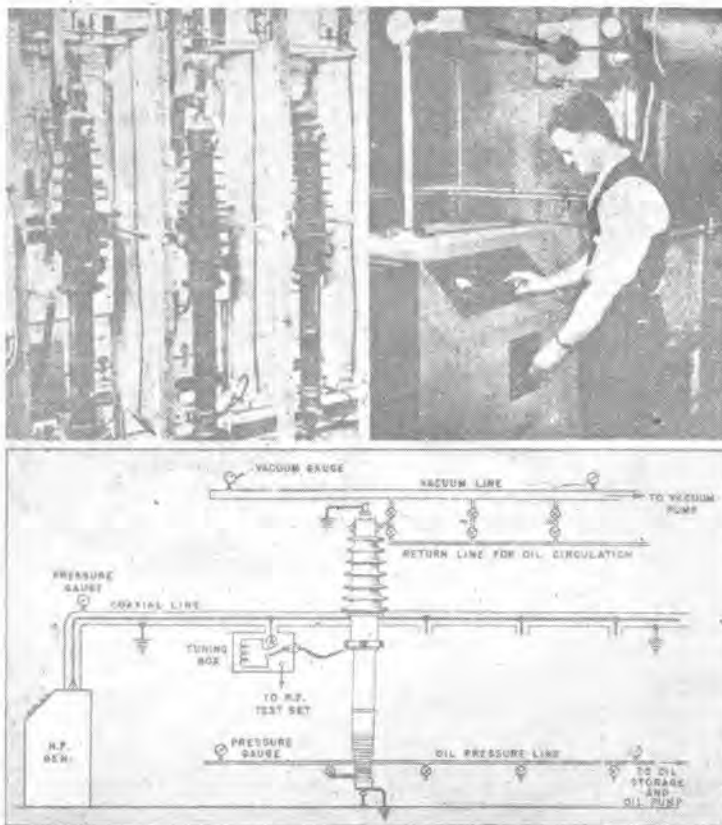
## iv) 設備上の特長

$\tan \delta$  を測定しつつ乾燥することができるし、またスチーム配管等が除去され乾燥行程が能率化される。

## V. 結 論

以上現在までに行つた套管の高周波乾燥の概況を述べたが、その対象は 69 KV 級の不良套管の修理であつた。今後は更に大容量のものにも應用を試みねばならぬ。また下記寫真にある如く、W 社においては既に新品套管の乾燥に實用化しているのであるから、その方面にまで研究を進めねばならぬと考えている。

本研究を行うにあつて、種々御援助ならびに御指導をいただいた若山研究所長、淺井參事、薄井參事に謝意を表すると共に、本研究の  $\tan \delta$  測定に協力をしていただいた原技師、岩崎技師に謝意を表したい。



6 圖

# 三菱炭坑用兩通話信號裝置

## 概

炭坑等において 坑道内の人車と捲揚との連絡は 人命保護及び事故防止の立場から極めて重視さるべきものであります。しかし従来は適当な装置が無かつたため普通の有線による信號ベル等で連絡を行つてゐるのが現状であります。このような簡単なベルは非常に不完全で落盤その他の非常災害時には通信不能となるため信頼度が極めて薄く、また信號を出す度毎に運轉手は人車から降りてボタンを押す必要があるので、その面倒なことはいうまでもありません。本機を使用すれば 坑内に入つてゐる信號線、電燈線などの大地と絶縁された引込線に搬送波を誘導的に結合するので、信號ならびに通話により、捲揚と人車上と 停車中はもちろん、移動中でも簡単に連絡を行うことができます。

## 説

### (4) その他の附屬品

送話器、擴聲器、同調器、電池、コンバーター

### 人車用信號裝置

#### (1) 送受信機 (LCL-1 A 型)

送信機 捲揚用と同様

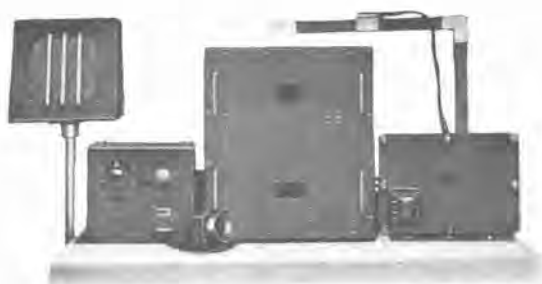
受信機 UZ-6 ZP1 及び KX-80 を除くほか捲揚用と同様

電 源 D.C. 6V 10A 60W.

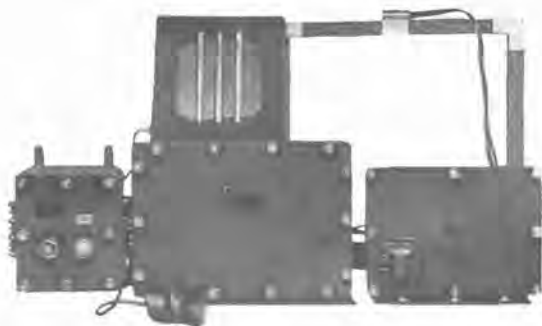
#### (2) 操作機 起動スイッチ、押釦、標示燈。

#### (3) その他の附屬品

ループアンテナ、送話器、擴聲器、コンバーター電池、信號用標示燈。



1 圖 捲 揚 用 信 號 装 置



2 圖 人 車 用 信 號 装 置

## 仕 様

### 捲揚用信號裝置

次の各部分より構成されます。

#### (1) 送信機 (LSL-2 A 型)

搬送周波數 150KC または 175KC.  
(複線式では兩方使用する)

使用真空管 UZ-42 3 本

送 信 出 力 最大 2W

#### (2) 受信機 (LRL-6 A 型)

回 路 方 式 6 球ストレート式

使用真空管 UZ-6 D 6 2 本 UZ-6ZDH3 1 本

UZ-6ZP1 1 本 UY-76 1 本

UZ-42 1 本 KX-80 1 本

受 信 感 度 120 db 以上

電 源 A.C. 100 V 送信機共 60 W

#### (3) 操作機 起動スイッチ、押釦、標示燈

## 特 長

1. 堅牢で防濕、耐震に留意してあります。
2. 人車用は特に耐爆構造となつております (防爆型試験合格番號九檢等 615 號。)
3. 移動中の人車上から常に乗車したまいで、捲揚と信號及び電話により連絡ができます。
4. 誘導線の一部が斷線しても、ほかの引込線またはロープ、レール等の誘導作用により連絡可能です。
5. 受信機は雑音除去に特に考慮が拂つてありますので通話の了解度及び安定度が極めて良好です。
6. 送受話の切換はプレストーク方式ですが、自分側の送信が異状ないのを確めるために、送信時にも受信機のスピーカーに送信音が低く出るようになっております。
7. 捲揚用においても災害時停電等の非常用電源としてコンバーター及び電池を附屬しております。