

40 萬ボルトエックス線管球の直流電壓を測定するのに理研製の回轉電壓計を使用してゐる。

神保成吉氏⁽²⁴⁾は電氣學會東京支部第3回専門講習會に於て計器用變成器に就いて講演し、西野治、池田三穂司兩氏⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾は最近の發達、測定法等に關し綜合報告を行つた。又木下隆博氏⁽²⁸⁾の高電壓實驗法、新宮行太氏の碍子及び套管と高壓工學なる著書もある。この他日本電氣工藝委員會標準規程 JEC-26 (昭 3)、JEC-45 (昭 10)、同追加 (昭 14) の制定に關しては當所の高津清、神保成吉、根本貞治、崎村春夫、西野治の諸氏が關係して盡力した。

現在 12,000 アンペア、22 萬ボルトまでは上述の變成器を試験する方法により測定を行つてゐるが、これ以上の高電壓の波高値、實効値の測定に關しても近く發表の豫定である。

文 献

- (1) 清水與七郎、吉澤房吉：電試研 68 (大 7)
- (2) 高津清：電試研 95 (大 11)
- (3) 神保成吉：電試一彙 1, 91 (大 15)
- (4) 神保成吉、崎村春夫：電試一彙 2, 95, 183, 262 (昭 2)
- (5) H. Schering & E. Alberti: Arch. f. Elek. 2, 263 (1914)
- (6) 神保成吉：電試一彙 2, 91 (昭 2)；神保成吉、崎村春夫：電試研 363 (昭 9)
- (7) 崎村春夫：電試一彙 11, 47 (昭 11)；崎村春夫、池田三穂司：電試彙 1, 403 (昭 12)；池田三穂司：電試彙 2, 63 (昭 13)
- (8) 川崎國次、北村繁太郎：電試一彙 6, 10 (昭 5)
- (9) 西野治、安藤齊：電試彙 3, 256 (昭 14)
- (10) 崎村春夫、西野治、安藤齊：電試彙 2, 555 (昭 13)
- (11) 西野治、寺尾仁作：電試彙 4, 643 (昭 15)
- (12) 西野治：電試研 425 (昭 13)
- (13) 西野治、池田三穂司：15 聯大 No. 51 (昭 14)
- (14) 西野治、池田三穂司：特許 143328 (昭 16)
- (15) 栗山嘉直：電學誌 53, 1 (昭 8)
- (16) 前川幸一郎、乘富義男、竹内五一：電試研 280 (昭 5)
- (17) 土手奎治、中村良之：聯大豫 (昭 7)
- (18) 西野治、池田三穂司：電試彙 4, 7 (昭 15)
- (19) 西野治、池田三穂司：電試彙 4, 315 (昭 15)
- (20) 西野治、池田三穂司：特許 142310 (昭 16)
- (21) 池田三穂司：電試彙 2, 401 (昭 13)
- (22) 新宮行太：電試研 228 (昭 3)
- (23) 宮本慶巳：電試彙 1, 541 (昭 12)
- (24) 神保成吉：電試研 223 (昭 5)
- (25) 西野治、池田三穂司：OHM 26, 229 (昭 14)

(26) 池田三穂司：電試彙 3, 103 (昭 14)

(27) 西野治：電學誌 61, 241 (昭 16)

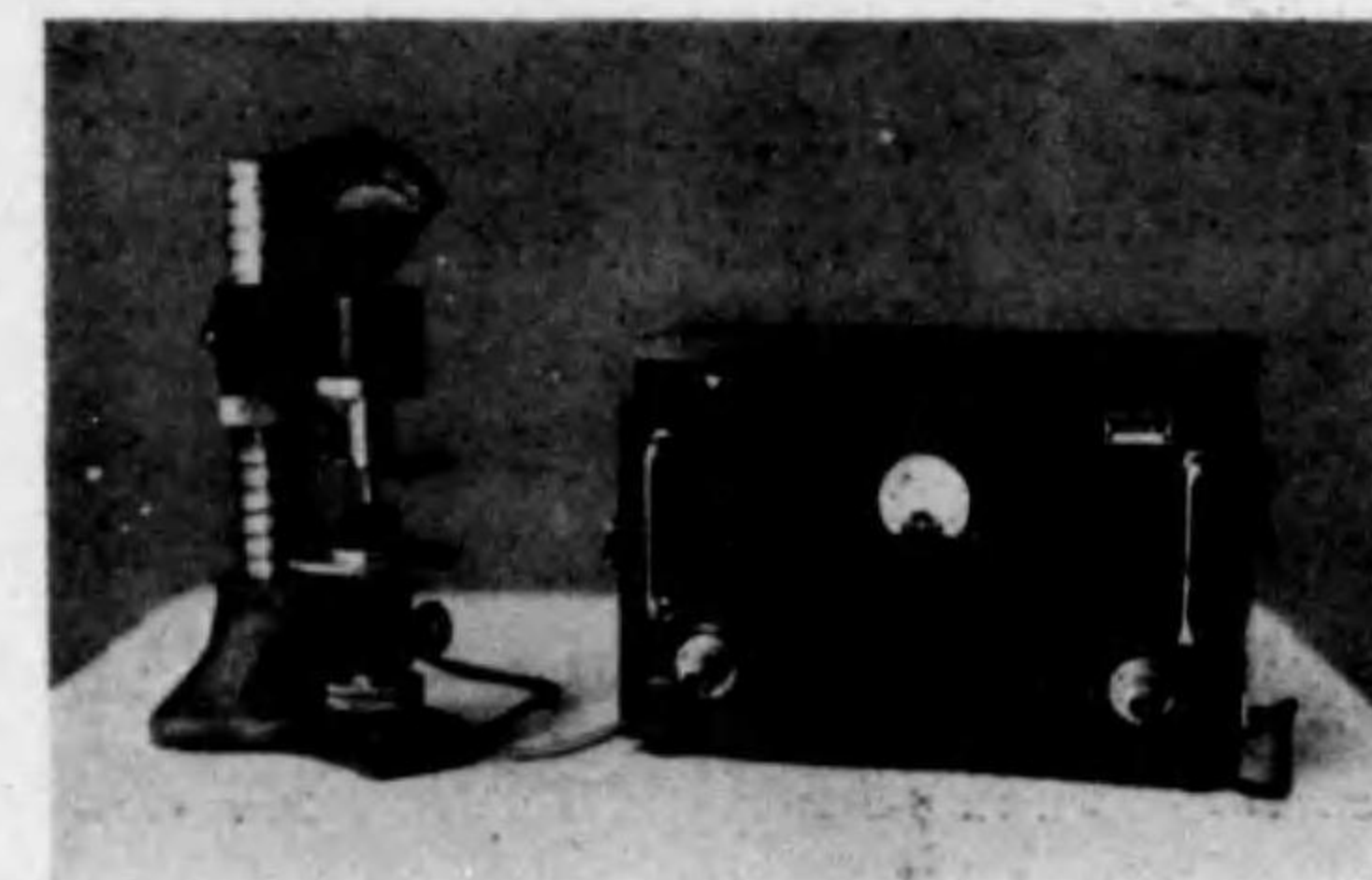
第 9 節 電氣應用計測

1. 緒 言

電氣應用計測とは電氣値以外の物理量を電氣測定法により計測する方法であつて、從來不可能とされた物理量の測定が可能となり、又他の方法より幾多の利益が得らるゝものである。歐米各國に於ては早くよりこの研究に着手し、實驗室用並に工場用測器として着々實用化せられてゐる。我が國に於ける斯かる分野の研究は從來皆無の有様であつたので、當所に於て數年前より研究を開始し、外國よりの遅れを挽回し更に進んで獨得の發展を劃らんと鋭意研究に邁進しつゝある。

2. 研究の經過並に現況

我が國に於ても以前より部分的には流量、壓力、時間、溫度等の測定に電氣を應用することが行はれてゐたが、昭和 12 年神保成吉氏により初めて電氣應用計測器の名でこれ等が系統づけられ、その重要性と將來の發展性が認識せられるに至つた⁽¹⁾⁽²⁾。これ以來電氣



第 1 圖 電氣式測微計

計測器の新分野として各所に於いて研究が盛んに始められた。當所に於ては、昭和 10 年神保成吉氏、故木村俊一氏により調査が開始され、後昭和 12 年伊藤努氏が引継ぎ、更に昭和 14 年より内藤正氏がこれを擔當し現在に至つてゐる。當所に於て着手せられて來た研究項目を列記すれば下の如くである。

- (1) 長さに関する電気応用計測
- (2) 振動に関する電気応用計測
- (3) 時限に関する電気応用計測
- (4) 流體に関する電気応用計測
- (5) 熱に関する電気応用計測

(1) 長さの計測に電気回路を應用すると増幅が容易であるから精密工作物寸法の精密測定に不可欠なる高感度の測微計が得られる。又取扱い、讀取りが容易であるから工場用の測器として好適なものが作られる。當所に於ては、昭和 11 年頃よりこの研究に着手し容量變化⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾、誘導値變化、音響抵抗變化⁽⁷⁾、電子管内部抵抗變化⁽⁸⁾等を利用する各種のものを考案し夫々試作を行ひ研究中である。現在では第 1 圖に示す様な 10^{-4} mm を計り得る測微計を得るに至つた。

(2) 複雑にして、微小なる機械的振動は電気的方法に依らねば殆ど測定不可能である。當所に於ては發電機、發動機の如き機械の振動分布状況を打診的に測定する携帯用電気式振動計を完成した⁽⁹⁾。本計器は振動が比較的正弦波に近いものならば振動振幅、加速度、振動数を同時に指示計器に指示されるものである。

車輛、航空機等の振動測定用としては可動鐵片を磁氣反撥力で空中に浮かし、これをバネ吊りの重錘の代りに用ふる電磁反撥式振動計を考案した⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。この振動計の特徴は感度高きこと、自由振動数が任意に變じ得ることである。尙、現在は複雑波形振動の測定用として低周波波形分析器を製作中である⁽¹²⁾。

(3) 時に關しては精密なる時限を發生する音叉時計⁽¹³⁾と時計歩度試験器⁽¹⁴⁾に關するものが研究せられてゐる。前者は 1,000 サイクルの標準音叉を發振子として嚴密に一定周波数の交流を發生せしめ、これを以て電気時計を働かす方法である。精度は現在の所 ± 0.005 秒以内のものが得られてゐる。後者は秒時計試験器で秒時計の精度測定には長時間を要するものなるも秒時計が發生する刻音をマイクロホンで受音し標準時計のそれと電氣的に比較しその標準時計との遲速を直讀せしむるやうにしたものである。

(4) 化學工業、燃料工業等に於ては濃度計、流量計が不可欠であるが、製紙工業に必要なバルブ濃度計⁽¹⁵⁾の考案をなし現場試験の結果により更に濃度自動制御を行はしむる様研究を進めてゐる。尙、浮子を利用した電気式航空機用燃料油量計を考案し試作中である。

(5) 昭和 11 年より混合ガスの熱傳導率を利用してガスの混合割合を測定する電気式ガス分析計を研究し、水素冷却式發電機に使用する防爆型水素ガス分析計を試作し實地試

驗を行つた⁽¹⁶⁾。

又、サーモアロイの熱的諸性質に就き豫備的研究を實施中である。

3. 結 言

當所に於ける本研究の歴史は極めて若く何れも目下研究中のものである。これが研究の目標は生産力擴充に直接、間接の關係を有する計測器の完成にあつて、時局柄一日も遲延を許されぬものである。

文 献

- (1) 神保成吉、伊藤努：電學誌 58, 599 (昭 13)
- (2) 神保成吉：オーム 26, 1—12 (昭 14)
- (3) 神保成吉、内藤助治：電氣學會 13 回聯合大會豫稿 (昭 13)
- (4) 神保成吉、内藤助治：特許 123149
- (5) 内藤助治：工作機械 (昭 15)
- (6) 神保成吉、内藤助治：オーム 28, 1 (昭 16)
- (7) 神保成吉、内藤助治：特許 135185
- (8) 神保成吉、内藤助治：特許 129745
- (9) 木村介次：特許 118006
- (10) 神保成吉、木村介次：電學誌 56, 574 (昭 11)
- (11) 神保成吉、稻垣敏夫：特許 119355
- (12) 神保成吉、澤村一：特許 136450
- (13) 木村介次：特許 207795
- (14) 神保成吉、稻垣敏夫：應用物理 7, 4 (昭 13)
- (15) 内藤助治、原口敏一：電試彙 4, 6 (昭 15)
- (16) 酒井善雄：電試彙 4, 3 (昭 15)

第 10 節 放射線計測

1. 緒 言

近時 X 線装置の需要が醫療方面のみならず工業的方面迄急激に増加しつつあるが、これに伴ふ災害を防止するため X 線量測定及び X 線防護の問題が重要視される様になつて來たので、電氣試験所に於ては

- A. X 線防禦に關する研究として
 - a. 西洋建築材の X 線防禦力
 - b. 日本建築材の X 線防禦力
 - c. 電氣機器より發生する X 線の防禦力

に關して測定をなし、災害防止の對策の研究を進行しつゝあり、2~3の研究結果⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁹⁾を發表してゐる。

B. X線量の測定に關する研究としては

- a. X線量の遠隔測定法
- b. 放射線の測定法
- c. X線量の簡易なる測定法

に關し研究を行ひ着々業績をあげつゝある。この方面に關する研究は世界各國とも旺盛であつて日進月歩の狀況である。

從來當所に於ける研究目標は主として醫學に關聯を持つものゝみであつたが、將來は理工學的方面への研究をも包含せんとし、現にX線斷面撮影法を航空發動機の検査に應用せんとする研究、X線照射による螢光現象の基礎的研究等に着手してゐる。

2. 歴史的經過

X線防禦の問題は、近年遂に關心を集める様になつたのであつて、その歴史は比較的若い。建築材その他の物質のX線防禦力を表示するのにその物質の防禦力と等しい防禦力を持つ鉛板の厚みを以てこれを鉛當量と稱してゐる。

我が國では昭和12年内務省令第32號⁽¹⁾診療用X線装置取締規則が發布されて、X線危害を防止すべき規定が全面的に詳細に定められてある。この規定によれば装置が発生するX線量を6ヶ月に1回以上測定すべきことを規定すると同時に、螢光板及び診療室の天井、床及び周囲の劃壁に附與すべき防禦力を鉛當量にて詳細に規定してゐる。

これと前後してX線災害豫防規則起草委員會經過報告⁽²⁾、田中正道氏の研究⁽³⁾、木岡元氏の研究⁽⁴⁾が發表され、コンクリート及びモルタル等の建築材に對する防禦力の測定結果が掲げてある。電氣試験所は厚生省の依頼によりて發動し中泉正徳、伊藤努、安達彦一の3氏は日本建築學界と連繫し鐵筋コンクリート、煉瓦造壁體、床、天井等の西洋建築標準仕様の壁層に對する鉛當量の測定⁽⁶⁾をなし、これを厚生省に於ける取締の規準として採用實施してゐる。

最近大阪帝國大學に於ても淺田常三郎、澤田昌雄、池村恭一、道野宏衛の4氏はコンクリートの鉛當量を寫眞法によつて測定した結果⁽⁸⁾を發表してゐる。

伊藤岳郎、安達彦一、田中五郎⁽⁹⁾の3氏は陰極線オシログラフの陽極及びフィルム面より發生するX線量を測定してこれに對する防禦の必要なることを警告し、これが對策の指針を與へてゐる。

尙X線量計の從來のものは測定時にX線を浴びる危険があるのでこれを遠隔より測

定すべきX線量遠隔測定装置を伊藤岳郎、多島寛三兩氏⁽⁷⁾が研究して發表してゐる。

外國ではこの問題を十數年も前から取扱ひ始め、英米獨各研究所の研究結果が報告されてゐる。

Mutscheller⁽¹⁰⁾(1925)がX線防禦に對する物理的基準を與へ、1937年に開催されたる第5回國際放射線學會に於てはX線及びラヂウム線に對する防禦法について數回の改訂の後國際的指針となる推奨案を發表し、獨逸に於てもX線防禦の新規則を布かんとし草案⁽¹⁹⁾を發表してゐる。測定法としては蓄電器型或は指頭型の電離槽を使用する方法、計數器を使用する方法或は寫眞法等があるが多くの場合指頭型電離槽を使用してゐる。我が國では管球電壓80~200kVから發生するX線に對するものを測定してゐるが、外國では300~400kVに對するものを扱ひ、コンクリート、鐵バライト、バリウム・コンクリート、煉瓦、石炭殻等に對する鉛當量を測定し、最近に至つては1,000~1,400kVのX線發生装置が出現したから當然これ等に對する測定結果も近く發表されることであらう。

獨逸ではP.T.R.のHermann, Jaeger等の研究⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽²¹⁾發表があり、英國ではN.P.L.のKaye, Binks, Bell等の發表研究⁽¹⁴⁾⁽²⁰⁾がある。米國ではN.B.S.のSinger, Taylor, Chailton等の研究⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁸⁾が發表され、N.B.S. Handbook 23には諸材料の γ -rayに對する鉛當量の算出表が掲げてある。

Bode, Glöde兩氏⁽²²⁾はブラウン管から發生するX線量を測定し、これが防禦對策を講ずることの必要を指摘してゐる。

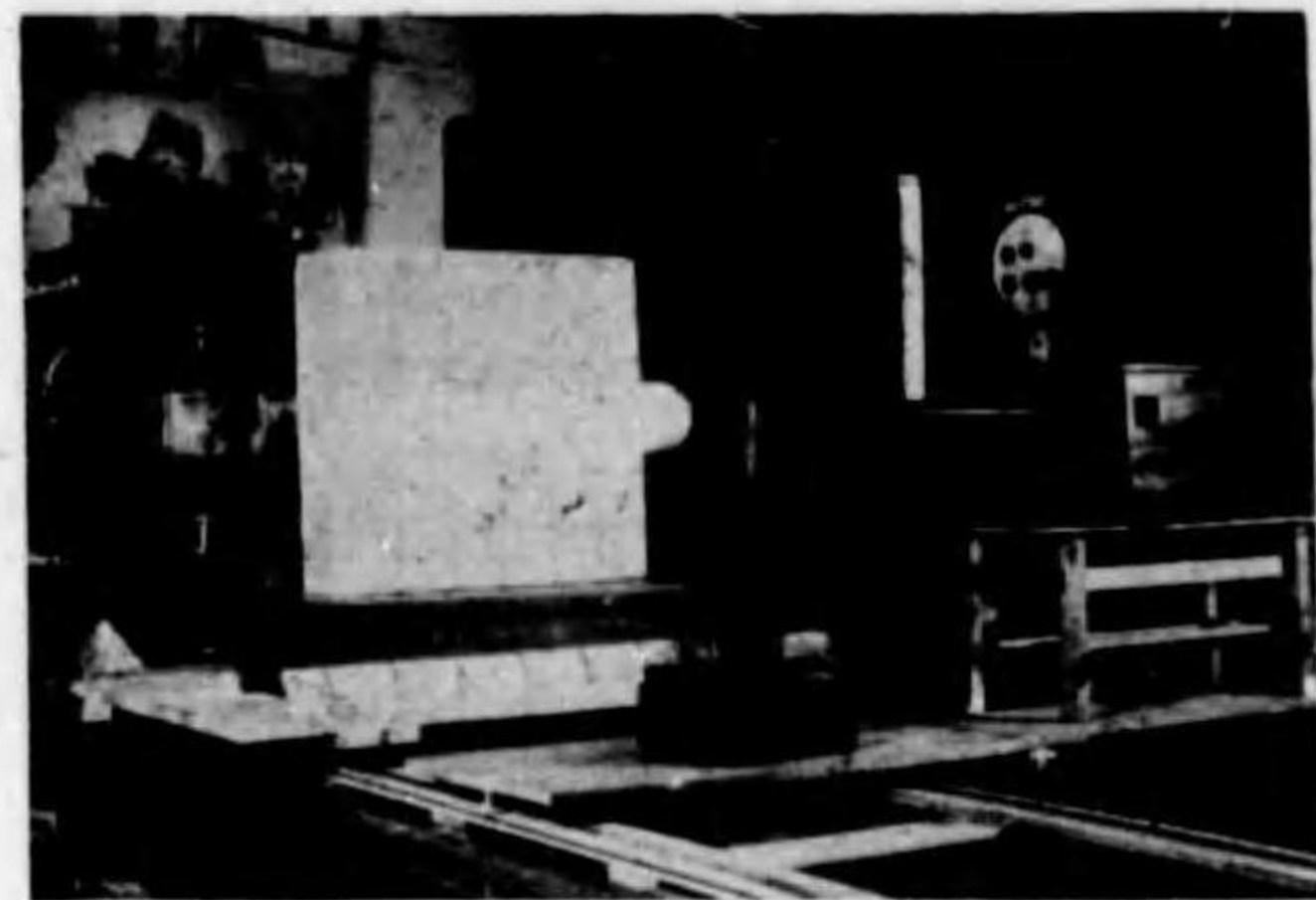
3. 當所の業績及び研究現況

(1) 建築材のX線防禦力 診療用X線装置取締規則(内務省令第32號)を實施するに當り、その技術的根據となるべき資材作成を厚生省より依頼され、日本建築學會と連繫して建築標準仕様の壁體に對する測定を行つた。西洋建築材に對するものは既にこれを完了して厚生省に於ける取締の技術的規準資料として採用さるゝ所となり、引續き日本建築材に對する測定を進行中にして近く發表の見込である。

X線管電壓を發生する装置としてはGreinacher結線のものを使用し、装置の出力は最大450kVに於て5mAの能力を有する。

X線管電壓は豫め校正したる回轉電壓計を以て遠隔測定しX線管電流の測定は直接高壓回路に挿入せるミリ電壓計を用ひ測定中これ等の電壓電流を一定値に保つ様努めた。使用したるX線管は300kV 2mAの容量のものである。

測定器としては先端に徑3cmのセルロイド・グラファイト球を有する電離槽を使用し、使用に先立ち當所の標準電離槽を以て直接校正し波長依存性、方向依存性の極めて尠いこ



西洋建築材の鉛当量測定状況

第1表 試料の種類及び測定結果

試料の種類	軸 部	仕 上	鉛 当 量 (mm)	
			管球電圧 180 kV	管球電圧 80 kV
間仕切壁 1 號	鉄筋コンクリート厚 12 cm	プラスター	1.68	4.5
" 2 號	"	白 タ イ ル	1.95	4.9
外 壁 3 號	"	モルタル粗面	2.88	5.9
間仕切壁 4 號	煉 瓦 1 枚半	プラスター	4.50	8. 以上
床及天井 1 號	鉄筋コンクリート厚 12 cm	リノリューム床	1.72	4.7
" 2 號	"	フローリング ブロック床	1.89	4.6

とを確かめて置いた。測定に際しては UX-54, 及び UX-240 の真空管を以て2段の擴大を行ひたる真空管電位計を使用し、感度と安定度を高く測定することが出来た。

測定の試料は第1表に仕様の概略を示したる如きものであつて、これを種々の厚さを有する標準鉛板(純度 99.6%)とを交互に置換して、その防禦力を比較測定し内挿法により試料の鉛当量を求めた。X線の管対陰極と試料の距離は 40 cm, 對陰極と電離槽の距離は 100 cm とした。散亂線のためこれ等の關係位置が測定結果に變化を與へるから常に相互關係を正確に定めて置いた。試料の前面に於ける照射野は半径 25 cm の圓形であつて、測定中に室内に於ける散亂の影響が無い様に充分の設備をなす様に注意し、測定器は鉛筒立を以て遮蔽し電離槽の柄は 15 mm の鉛で更に被覆した。

測定結果は第1表に示す通りであつて、間仕切壁4號の測定は管球電圧 80 kV に対しては線量が餘りに微弱なるため正確な値は得られなかつたが、鉛当量は 8.0 mm 以上になつてゐた。

この測定値によれば X線の直射を受けざる部分に対しては何れも充分であるが、直射

を受ける部分に対しては間仕切壁3號と4號を除いては 135 kV 以上の場合には防禦力不足となる結論が得られた。

(2) 陰極線オシログラフより發生する X線量の測定 健康體に於ては1日に 0.5 レントゲン(r), 1週に約 1r 以下の X線量又は r線量ならば災害がなく、これが限界線量 10^{-5} r/sec を許容線量としてゐる。陰極線オシログラフ、電子顕微鏡の如き電子装置から發生する X線は微量であるにしても連続照射を受ける場合、殊に加速電圧が數十 kV 以上のものに対しては、これが災害を考慮する必要がある。

當所にて試験に供したる陰極線オシログラフは二素子型のものであつて、豫め醬科用 X線フィルムをオシログラフの周圍に配置して線量分布を調べて5個の測定點を定めこれにより空間分布を判定することにした。

使用したる測定器は徑 4.5 cm の球を先端に有するセルロイド・グラファイト電離槽であつて、他は前の研究に用ひたるものと殆ど同様のものであつた。この測定によれば陽極の周圍に於て線量が最も多く、次いで螢光板觀測窓附近であるが、この供試装置では觀測窓には 0.2 mm の鉛当量を有する鉛硝子を用ひてあるから試験状態に於ける線量は許容線量と見做して差支ない程度であつた。陽極を 20 cm 離れた點に於ける線量は加速電圧 50 kV 陰極線電流 200 μ A の試験状態に於て許容線量の約 50 倍であつて、加速電圧の増加により指數的に急増し、且陰極線電流に比例して増加すること及びこれに対して 0.2 mm の鉛当量を以て防禦すべき必要があることが確かめられた。

(3) X線量遠隔測定装置 通常の X線量計は電離槽と觀測装置とが接近する爲、測定時に於て若干の X線を浴びることを免かれず、X線配量の精確を期する目的のため遠隔測定器を要求され、外國では 2~3 の製品がある。然し我が國に於ては温度が高く特殊の惡條件のため、電氣的自然漏洩過大となり使用不可能であるので、自然漏洩僅少なる真空管 UX-54 を使用したる真空管增幅回路による方式を試みこれの實用化について研究中であつて、近く完成の見込である。

文 献

- (1) 診療用 X線装置取締規則 内務省令第 32 號 (昭 12)
- (2) 災害豫防規則起草委員會經過報告
- (3) 田中正道: 電學誌 57, 602 (昭 12)
- (4) 木岡 元: 螢光 11 (昭 12)
- (5) 伊藤 努, 安達彦一: 電氣學會聯合大會豫稿 (昭 14)
- (6) 中泉正徳, 伊藤 努, 安達彦一: 電試彙 4, 94 (昭 15)
- (7) 伊藤岳郎, 多島寛三: 電試彙 3, 521 (昭 14)
- (8) 淺田常三郎, 澤田昌雄, 道野宏衛, 池村恭一: 應用物理 9, 366 (昭 15)

- (9) 伊藤岳郎, 安達彦一, 田中五郎: 電試堂 5, 157 (昭 16)
- (10) A. Mutscheller: Amer. Jour. Roent. 13, 65 (1925)
- (11) Herrmann, R. Jaeger: Strahlen therapie, 46, 321 (1931)
- (12) R. Jaeger: Fortschr. Rönt, 51, 47 (1934), 58, 253, (1938)
- (13) Internal Recommendations for X-ray & Radium Protection: Radiology 30, 511(1938)
- (14) G.W.G. Kaye, W. Binks, G.E. Bell: Britis Jours. Radiol. 11, 676 (1938)
- (15) G. Singer & L.S. Taylor, A.L. Chailton: N.B.S.J.R. 21, 783 (1938)
- (16) L.S. Taylor: Physic 10, 598 (1939)
- (17) R. Jaeger: Phys. Zeit. 39 (1938)
- (18) N.B.S. Handbook 23: Radiology 31, 481 (1938)
- (19) H. Graf: Strahlentherapie 65, 674 (1939)
- (20) G.W.C. Kaye, W. Binks, G.E. Bell: Britis, Jour. Radiol. 9, 161 (1936)
- (21) R. Jaeger, K.G. Zimmer: Phys, Zeit. 42, 25 (1941)
- (22) H. Bode, H. Glöde: Z.f. techn. Phys. 20, 117 (1939)

第 11 節 電氣演算及び電氣追尾装置

1. 緒 言

電氣演算の起りは各種の間接測定を直接化することを目的としたものであつて、その最も原始的な一例は比率計である。併し今日に於ける電氣演算器は斯かる簡単な計算を目的とするものではなく、各種の複雑なる聯立方程式及び高次方程式の解法は素より、更に進んで數學的取扱ひの困難なる非線型微分方程式及び積分方程式等の解法に迄及ぼしつゝあり、物理學及び工學の理論的研究に缺く可からざる利器としてその將來に於ける發展性は大いに期待されつゝある所である。

而して電氣演算器の應用に依り従來數學的に解決至難とされてゐた問題を解決し、或は數學的に解き得るとしても結果の表示が頗る複雑となり實用に適しない問題、又は數式を以て近似し難い特殊の函數を含む問題等をも比較的容易に解決し得た例が既に多數報告せられてゐる。併しながら一般的に考察すれば電氣演算器は未だ漸く搖籃時代を脱したばかりであつて、従來發表されてゐる各方式も多くは單なる提案に止まり具體化されたものは極めて尠い。又精度及び安定度等の點に於ても決して充分とは云ひ得ないのであつて、今後の研究に俟つべきものが極めて多いのである。

電氣演算器の最も勝れた特徴は複雑な計算を極めて迅速且自動的に行ひ得られ而もその結果を直接遠方に傳達し得る點にあるのであつて、場合に依り演算結果に即應して他の装置の自動制御を行ふ事も可能である。斯くの如きは従來の圖表計算若は機械的計算器の

企及し得ざる利點であつて、將來精密自動追尾装置の進歩と相俟つて電氣演算器の重要性は益々加重されるものと信ずる。

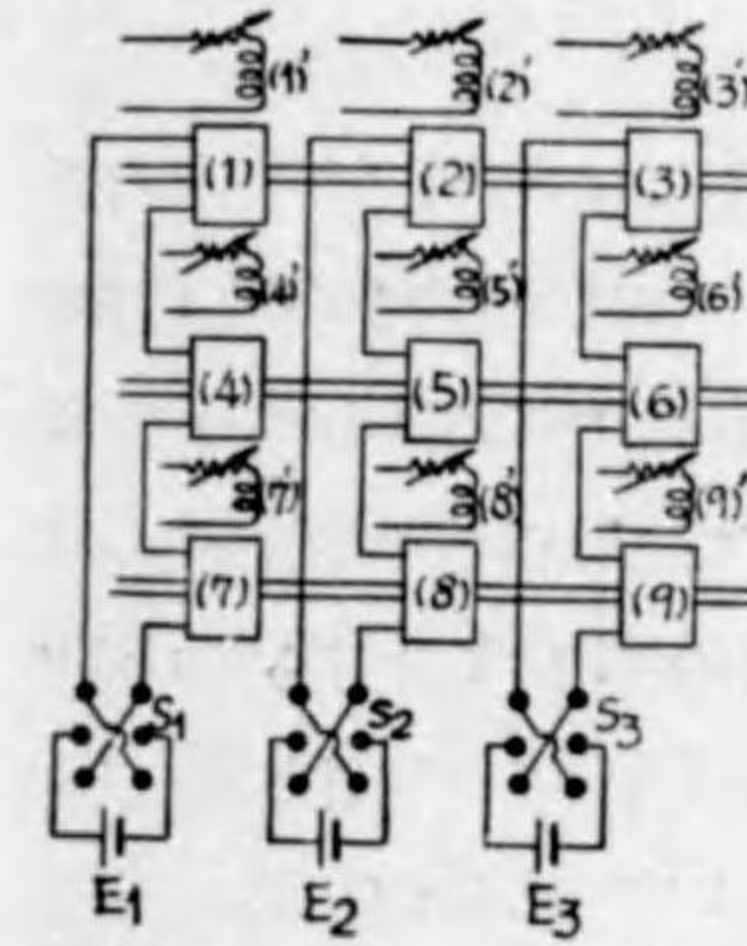
2. 歴史的經過

電氣試驗所に於ては昭和 11 年頃より神保成吉、伊藤努氏⁽¹⁾等に依つてこの方面の研究が進められ爾來聯立方程式、高次方程式、微分、積分等に關する各種演算器及びこれに關聯せる追尾装置の研究が行はれて來た。

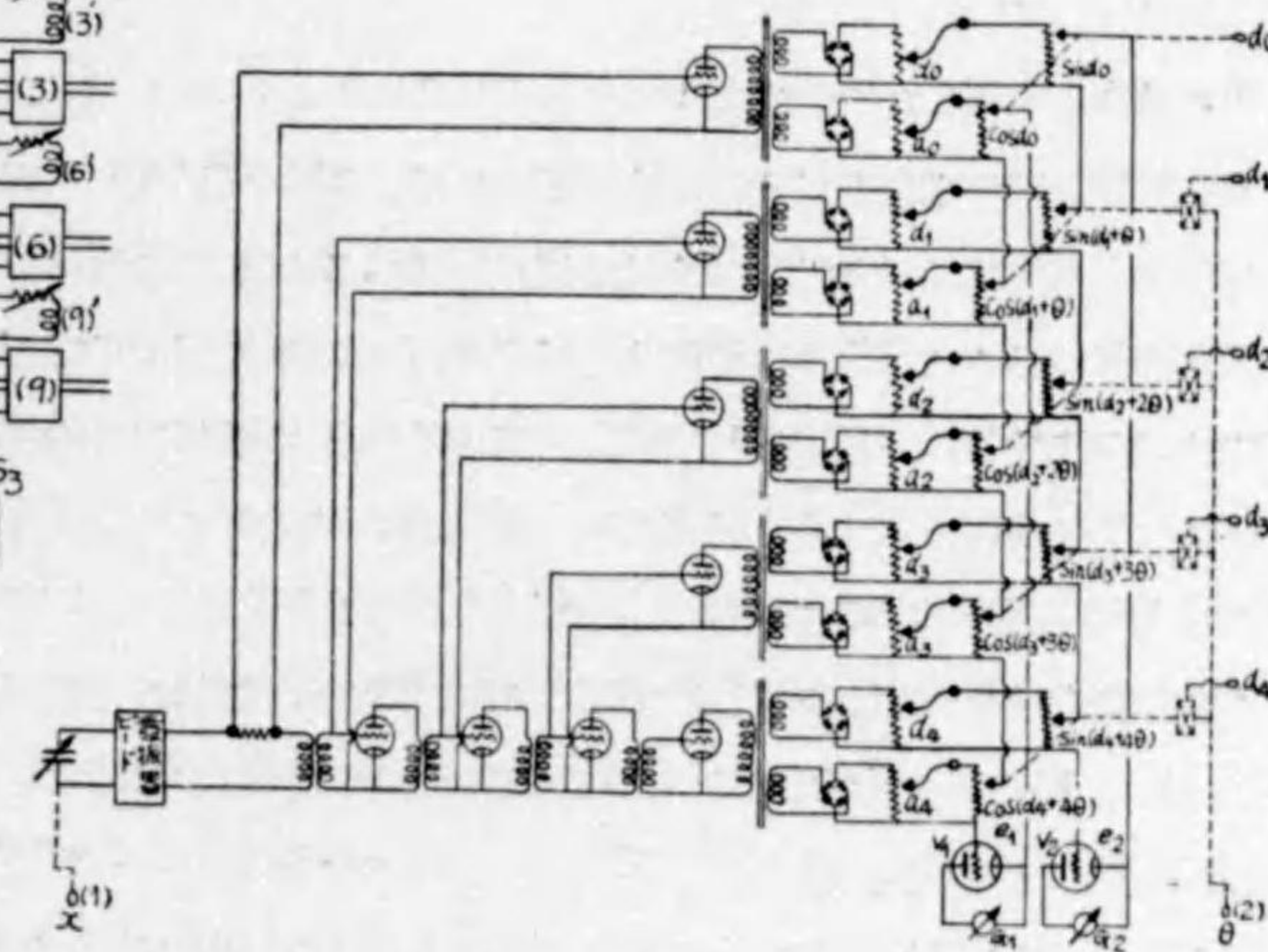
本邦に於ては電氣試驗所の外に東大、阪大、早大等に於ても演算器の研究が行はれてゐる。海外に於てこの方向の研究に最も力を注いでゐるのは米國の M.I.T. である。

3. 現 況

以下電氣試驗所に於ける研究の 2~3 を例示する。第 1 圖⁽²⁾は電動機を利用して聯立方程式の根を求める装置の原理を示す。各勵磁線輪に夫々係數に比例せる電流を通じ且 E_1, E_2, E_3 を夫々各常數項に比例せしむれば、各回轉軸の平衡回轉速度に依り所要の根が與へられる。



第 1 圖



第 2 圖

第 2 圖は可變周波發振器を利用し複素係數を有する高次方程式の根を求める装置の原理を示すものである。a 及び a に依り各係數を導入した後把手 x 及び θ を回轉して G_1, G_2 の偏れを同時に零ならしめる位置を求めればその時の x 及び θ の値より $xe^{j\theta}$ として所要の根が求められる。

又これ等演算器の自動操作のため各種の追尾装置⁽⁵⁾⁽⁶⁾に関する研究が行はれてゐる。

4. 結 言

以上電気試験所に於ける研究を中心として本邦に於ける電気演算器及び電氣的追尾装置に関する研究経過を略述したのであるが、一般的に見てこの方面の研究は各國共漸く緒についたばかりであつて、將來に於ける發展性に就いては今後の研究に俟つべきもの甚だ大である。

文 献

- (1) 伊藤 努, 日比野省: 電試調 120 (昭 16)
- (2) 神保成吉, 伊藤 努: 電學誌 58, 477 (昭 13)
- (3) 神保成吉: 電氣評論 28, 327 (昭 15)
- (4) 神保成吉, 日比野省: 第 17 回聯合大會豫稿 2, 9 (昭 15)
- (5) 東海慎造: 第 18 回聯合大會豫稿 2, 33 (昭 16)
- (6) 東海慎造: 電試彙 5, 55 (昭 16), 5, 160 (昭 16)

第 12 節 熱及び輻射の計測

1. 緒 言

熱及び輻射の計測手段として電氣的測定が最も勝れて居り、古來その研究が多く物理學者によつて行はれてゐたが、これを産業界に取入れ工學的に注目をひく様になつたのは比較的最近のことである。國際溫度目盛を再現するには徹頭徹尾電氣的測定を必要とし、又重工業の飛躍と共に高溫度測定が重要な問題として電気工學の部門に取上げられる様になつた。我が國に於て最近 10 個年に於ける進歩は隔世の感があり、その間電気試験所の業績も尠からざるものがある。

電気試験所に於ては、高溫度の測定、特殊高溫計、輻射計及び輻射高溫計等に関する研究を行ひ、更に熱-電氣現象を利用する種々の應用測定法に関する研究を行つてゐる。

2. 歴 史 的 経 過

(1) 熱電溫度計の研究 1911 年獨、米、英 3 個國の國立研究所間に溫度目盛統一の議が起り、數次の會議を経て 1927 年第 7 回國際度量衡會議に於て 31 個國の代表により「國際溫度目盛」⁽¹⁾を決議し、各國に於て公式に採用されることになり、1933 年の會議に於て一部分が修正⁽²⁾されてこれを現用して居る。この溫度目盛は白金抵抗溫度計、白金-白金・ロヂウム熱電對及び光高溫計を以て再現すべく規定されてあり、熱電溫度計は學術用として重きをなすのみならず實用的高溫計の過半を占めるものである。1933 年 P.T.R.,

N.B.S., 及び N.P.L. により獨米英 3 個國間の國際比較⁽³⁾⁽⁴⁾が行はれよく一致した値を出して居るが残念ながら日本は國際比較を行つてゐない。

白金-白金・ロヂウム熱電對に関しては古來 Holborn と Wien⁽⁵⁾, Holborn と Day⁽⁶⁾, Waidner と Burgess⁽⁷⁾, Sosman⁽⁸⁾, Sosman と Day⁽⁹⁾, Adams⁽¹⁰⁾, Rohn⁽¹¹⁾, Caldwell⁽¹²⁾, Booth と Dixon⁽¹³⁾各氏の詳細なる研究報告がある。N.B.S. に於ては殊に權威ある研究が行はれ Caldwell 氏⁽¹²⁾は Rh の調合を 12 種に取りて夫々に對する熱起電力を研究し、Roeser, Wensel⁽¹⁴⁾ 兩氏は多數の實驗を綜合して標準熱起電力表を發表し、熱電對製作上有力なる指針を與へてゐる。

Feussner 氏⁽¹⁵⁾は Ir と Ru 又は Rh の合金線を以て熱電對を作り 2,000°C 迄の檢度を行つてゐる。熱電對の試験法に関する研究も各方面で行はれて權威あるもの多く Henning 氏⁽¹⁶⁾, Foote, Fairchild Harrison の 3 氏⁽¹⁷⁾, G. Keinath 氏, 結城五一, 高木外次, 桑野錦一郎の 3 氏⁽¹⁹⁾, 松井元太郎, 尾藤堅の 2 氏⁽²⁰⁾, Adcock 氏⁽²¹⁾, 田中貢, 岡田喜義の 2 氏^{(22)~(25)}, Roeser, Wensel の 2 氏⁽²⁶⁾, Scott 氏⁽²⁷⁾等の研究があり、國際會議にて規定したる技法に關し Burgess 氏⁽¹⁾, 芝氏⁽²⁾の發表がある。

貴金屬を使用しない金屬熱電對にて我が國に多く用ひらるゝ Chromel-Alumel 熱電對に關し Roeser, Dahl, Gowens の 3 氏⁽²⁸⁾が標準熱起電力表を發表してゐる。

Ni, Fe, Cr 等の耐熱合金を以て製造したる熱電對に關しては Hoffman, Schulze 2 氏⁽²⁹⁾, Rohn 氏⁽³⁰⁾⁽³¹⁾, Mason 氏⁽³²⁾等の研究がありこれ等を綜合して Schulze 氏⁽³³⁾⁽³⁴⁾が發表してゐる。

Roeser, Dahl 2 氏⁽³⁵⁾は Fe 及び Cu と Constantan の熱電對に對し熱起電力表を與へ、種々の熱電對に對する熱處理、安定度、浸蝕等に關しては Fairchild, Schmidt 2 氏⁽³⁶⁾, Hougen, Miller 2 氏⁽³⁷⁾, Tamman Bandel 2 氏⁽³⁸⁾, Quiggle, Tongberg, Fenske の 3 氏⁽³⁹⁾, 阿部三郎氏⁽⁴⁰⁾, Dahl 氏⁽⁴¹⁾等の研究があり、白金ロヂウム合金の諸特性に關し Acken 氏の研究報告⁽⁴²⁾がある。

(2) 表面溫度及び實效溫度の測定 表面溫度測定は測定技術上困難な問題であるが 1926 年 Boyer, Buss 2 氏⁽⁴³⁾が熱電對の熱損失を補償する方法と輻射計を利用する方法とを試みてゐる。前者によりて略々目的を達してゐるが、後者は表面の輻射率の變化によつて指度が變るので有望でないとしてゐる。その後 N.B.S. の Roeser, Mueller の 2 氏⁽⁴⁴⁾, Bailey 氏⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾ Herbard, Badger の 2 氏⁽⁴⁷⁾, 京大の川畑愛義氏又田中貢, 岡田喜義 2 氏⁽⁴⁸⁾⁽⁴⁹⁾が同様のことを試みてゐる。輻射計による方法を電気試験所に於て田中貢, 岡田喜義 2 氏⁽⁴⁸⁾⁽⁴⁹⁾が研究し、後、全く同様のものを Hardy, Soderstrom 2 氏⁽⁵⁰⁾が試みてゐる。

る。又 N.B.S. では 1932 年 Kennard 氏⁽⁵¹⁾ が光の干渉を利用して表面の温度と耐流を測定し清水定吉、西藤一郎 2 氏⁽⁵²⁾ が我國に於ても同様のことを試み、Bowden, Ridler 2 氏⁽⁵³⁾ は金属滑動面の温度を熱起電力によりて巧妙に測定する方法を試みてゐる。

又田中貢氏⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾ は電気試験所に於て気温、湿度、輻射熱を綜合したる温暖感を温度にて表示する実効温度計の研究を發表してゐる。

(3) 輻射計 熱電式輻射計は輻射測定に供せられたる最初のものであつて、始めはビスマス、アンチモンを組合せたものに過ぎなかつた。これを Ångström 氏(1893)⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁵⁸⁾ が改良して薄片状の鐵-コニスタンタン受熱面を使用し始め、これを實用化したのは Rubens 氏(1898)⁽⁵⁹⁾ であつて細い熱電對 20 對を配列し更に反射器を用ひて感度を増加し、冷接點の放熱状態を改良して零位浮動の減少に留意した。Paschen 氏(1910)⁽⁶⁰⁾ は受熱面を薄片にして時定数を減少し、Coblentz 氏(1911)⁽⁶¹⁾⁽⁶²⁾⁽⁶³⁾⁽⁶⁴⁾ は熱電對素線にビスマスと銀を組合せて感度を増した。Moll 氏⁽⁶⁵⁾⁽⁶⁶⁾ は冷接點を水冷式として零位點を固定して確度を向上せしめこれを現在各方面に於て商品化してゐる。

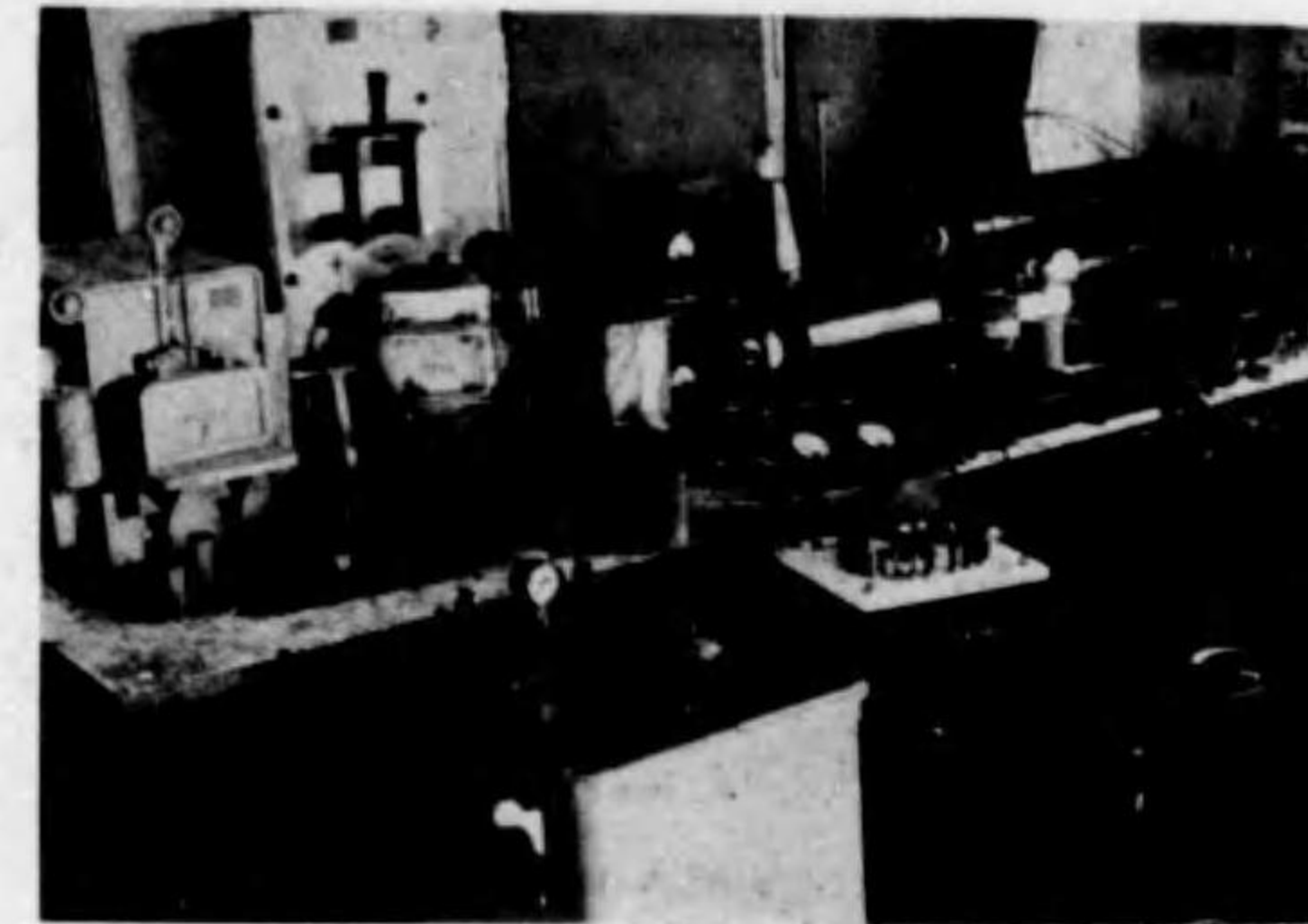
大山松次郎氏(1925)⁽⁶⁷⁾⁽⁷²⁾ は大なる輻射源より来る輻射の垂直分を測定する目的のもの或は日照計等を發表し又輻射計の感度時定數等に関する詳細なる研究を多數發表し、田中貢氏(1931)⁽⁷³⁾ は電気試験所に於て代表的輻射計多數に對する詳細なる研究(後述)を發表してゐる。

尙輻射計の受熱素子を真空中に封入して感度を著しく増加すべきことを Lebedow 氏⁽⁷⁴⁾ によりて始められ後 Coblentz, Johansen⁽⁷⁵⁾⁽⁷⁶⁾, Reinkober⁽⁷⁷⁾, Pfund⁽⁷⁸⁾⁽⁸¹⁾, Moll の各氏によりて改良を加へられ、近年は更にこれを輻射高温計として産業界に盛に使用される様になつた。

3. 電気試験所の業績及び研究現況

(1) 熱電高温計 電気試験所に於ては單本位係に於て昭和 6 年頃から宮本小八氏が抵抗温度計、熱電高温計に関する實驗を行つて國際温度目盛を再現してゐたが、昭和 8 年頃から大阪出張所に於て田中貢、岡田喜義 2 氏⁽²²⁾⁽²⁵⁾ が熱電對に関する基礎的研究を行ひ、精密測定に於て熱傳導により相當の誤差を生ずることに着眼して三素線熱電對を考案した。この方法に依つて熱傳導による誤差を殆ど完全に補正することに成功し、國際温度目盛を再現した。三素線熱電對に依れば、純金属の融解或は凝固の温度を測定して常に兩者全く一致したる測定結果を得、極めて少量の標準金属を以て精密なる校正試驗を行ひ得べきことを主張してゐる。従來は融解點と凝固點の温度の不一致は或は金属の不純物の爲なりとする意見等があり、その差異に限度を設けて約 0.2°C 以内を許容してゐるが、三素

線熱電對による測定結果よりすれば、兩者の差異ある場合は何れも誤差を含むものにして眞の温度は別に存在することを主張してゐる。尙この研究に於ては熱電對を校正するに際して熱電對素線の熱處理法、均質度試験法に関する詳細なる技法及び熱電對の構造と熱的特性の關係を究明して測定の確度を向上する上に大なる努力をしてゐる。寫眞は前述の研究を行ひつゝある當時の設備を示す。



測 温 研 究 室

従來の研究方針は研究室に於ける精密測定技術のみを対象としてゐたが近來重工業の飛躍的發展と共に高温計に對する關心が遽に昂揚され、これが研究に對する要望が大となつたので引續き、各種熱電高温計の熱傳導誤差等の基礎的研究、白金、ロヂウム等の貴金属の使用量を節減せしむる研究、熱電對製作に於ける熱處理法及び熱電高温計の有効使用範圍の決定等に関する研究を行ひ着々成果を得つゝある。

(2) 表面温度及び實効温度の測定 表面温度測定の問題は温度測定技術上最も難問題であつて、古來各方面に於て研究されてゐるが、電気試験所に於ては田中貢、岡田喜義の兩氏⁽⁴⁹⁾ が輻射計或は加熱型三素線熱電對による測定法に関する研究結果を發表してゐる。従來の輻射高温計は 700°C 以上の高温を強力なる輻射の測定によつて間接に測定してゐるものを常温近くの温度測定に應用したものであつて、輻射熱の受授は極めて微量にして測定が困難であるから輻射計の感度を増して目的を達した中間報告が發表されてゐる。この測定結果によれば表面が粗なる物質の輻射率は常温に於てはその外見、色調等に關係なく使用輻射計に對する實効輻射率が 83~87% に集中し、人體皮膚の實効輻射率はその容色如何に拘らず 80~83% に集中し測定上甚だ好都合であることが確かめられてゐる。輻射計自身の温度が計器の指示に及ばず影響を補正する便利な方法も考へられてゐるが、これ等の研究結果を研究室外で常用するには至つてゐない。

尙、田中貢氏⁽⁵⁴⁾⁽⁵⁵⁾は気温と湿度及び輻射熱の効果を総合して人體に感ずる温暖感を温度計によりて指示せしむべき實效温度計を考案してこれに對する研究報告を發表し、更にこれを電氣化してゐる。

(3) 輻射測定 輻射の測定に關しては福島出張所に於ける田中貢氏⁽⁷³⁾の研究がある。輻射測定が技術的に困難を伴ふことに着眼して外國製4個内地製1個試作品3個の輻射計に對して感度、時定數、方向性零位浮動、反射器の特性に關して理論と實驗兩方面より詳細に検討し設計及び使用上の指針を見出した。輻射計の方向による感度變化の曲線を測定して、等價受熱角を算出し種々の形狀の熱源に對し又距離角度等の幾何學的關係による誤差の變動を検討し又受熱及び放熱素子の寸法並に受熱角の對稱性、外函の構造等が零位の安定性に及ぼす影響、自己加熱の影響を求めてゐる。

感度に關しては熱傳導、對流及び輻射による熱損失係數を分析し、素子を真空中に封入する事により増感する倍率、及び温度係數にも論及し、これ等の研究結果を綜合したる結論を具現し、感度高き試作品を作りその特性を求めてゐる。

尙近來 Lauer⁽⁸²⁾、Moore 及び Webb⁽⁸³⁾、Rogers⁽⁸⁴⁾、Stack⁽⁸⁵⁾ 各氏の研究が發表されてゐる。

尙、輻射計の受熱素子を陰極飛唾法によりて感度良好に製作することを星準人氏が研究し、これが特性の測定方法⁽⁸⁶⁾並にこれを應用して真空管擴大により赤外線通信をなしたる報告を沼倉三郎氏⁽⁸⁷⁾が發表してゐる。

近年、輻射高温計の要望が高まつたので、これが構造、特性及びその檢度法に對する研究に着手せんとしてゐる。

文 献

- (1) G.K. Burgess: N.B.S.J.R. 1, 635 (1928)
- (2) Texte Corrigé concernant l'adoption à titre provisoire, d'une échelle internationale de temperature
- (3) (4) Wm. F. Roeser, F. H. Schofield, & H. A. Moeser: N.B.S.J.R. 11, 1 (1933) Ann. der Phys. 17, 243 (1933)
- (5) Holborn, Wien: Ann. der Phys. 47, 107 (1892)
- (6) Holborn, Day: Am. J. Sci. 8, 303 (1899)
- (7) Waidner, Burgess: Bull. B.S. 3, 200 (1907)
- (8) R.B. Sosman: Am. J. Sci. 30, 1 (1910)
- (9) Day, Sosman: Am. J. Sci. 29, 119 (1910)
- (10) L.H. Adams: J. Am. Chem. Soc. 36, 65 (1914)
- (11) W. Rohn: Z. Metallk. 19, 138 (1927)
- (12) F.R. Caldwell: N.B.S.J.R. 10, 373 (1933)

- (13) E.T. Booth, E.H. Dixon: R.S.I. 8, 381 (1937)
- (14) Wm. F. Roeser, H.T. Wensel: N.B.S.J.R. 10, 275 (1933)
- (15) O. Feussner: E.T.Z. 54, 155 (1933)
- (16) F. Henning: Temperatur Messung
- (17) P.D. Foote, D.O. Fairchild, & T.R. Harrison: Tech. Paper, B.S. 14, No. 170 (1921)
- (18) G. Keinath: Elektrische Temperatur-Messgeräte. 1~66 (1923)
- (19) 結城五一, 高木外次, 桑野錦一郎: 東京工試研報 20, (大 14)
- (20) 松井元太郎, 尾藤 堅: 工化誌 36, 1011 (昭 8), 36, 1017 (昭 8)
- (21) F. Adcock: J.S.I. 7, 196 (1930)
- (22) 田中 貢: 岡田喜義: 電試研 404 (昭 12)
- (23)(24) 電學誌 54, 323 (昭 9) 及び 57, 62 (昭 12)
- (25) 電試彙 1, 33 (昭 12)
- (26) Wm. F. Roeser, H.T. Wensel: N.B.S.J.R. 14, 247 (1935)
- (27) R.B. Scott: 25, 459 (1940)
- (28) Wm. F. Roeser, A.L. Dahl & G. J. Gowens: N.B.S.J.R. 14, 239 (1935)
- (29) F. Hoffman & A. Schulze: E.T.Z. 41, 429 (1920)
- (30)(31) W. Rohn: Z. Metallk; 16, 297 (1924); 19, 138 (1927)
- (32) R.C. Mason: R.S.I. 8, 265 (1937)
- (33) A. Schulze: Chem. Z. 62, 285 & 308 (1938)
- (34) A. Schlze: Metallwirtsch. 18, 249, 271, 315 (1939)
- (35) Wm. F. Roeser, A.L. Dahl: N.B.S.J.R. 20, 337 (1938)
- (36) C.O. Fairchild & H.M. Schmidt: Chem. Met. Eng. 26, 158 (1922)
- (37) O.A. Hougén & B.L. Miller: Chem. Met. Eng. 29, 662 (1923)
- (38) G. Tamman & G. Bandel: Ann. der. Phys. 16, 120 (1933)
- (39) D. Quiggle, C.O. Tongberg & M.R. Fenske: Ind. Eng. Chem. 29, 827 (1937)
- (40) 阿部三郎: 應用物理 9, 3 (昭 12)
- (41) A.L. Dahl: N.B.S.J.R. 24, 205 (1940)
- (42) J.R. Acken: N.B.S.I.R. 12, 249 (1934)
- (43) M.W. Boyer & J. Buss: Ind. Eng. Chem. 18, 728 (1926)
- (44) Wm. Roeser & E.F. Mueller: N.B.S.J.R. 5, (1930)
- (45) N.P. Bailey: Mech. Eng. 54, 553 (1932)
- (46) N.P. Bailey: Eng. 154, 303 (1932)
- (47) G.M. Herbard, & W.L. Badger: Ind. Eng. Chem. 5, 559 (1933)
- (48) 川畑愛義: 國民衛生 11, 287 (昭 9)
- (49) 田中貢, 岡田喜義: 電評, 23, 398 (昭 10)
- (50) J.D. Hardy & G.F. Soderstrom: R.S.I. 8, 419 (1937)
- (51) R.B. Kennaad: N.B.S.J.R. 8, 787 (1932)
- (52) 清水定吉, 西藤一郎: 電學誌 59, 662~669 (昭 14・12)
- (53) F.P. Bowden & K.E.W. Ridler: Proc. Roy. Soc. 154, 610 (1936)
- (54) 田中 貢: 電試研 No. 3・2, (昭 10)
- (55) 田中 貢: 衛生工業協會誌 1, 631 (昭 10)

- (56) Ångström: Phys Rev., 1, 365 (1893)
 (57) Ångström: Ann. der Phys. 67, 633 (1899)
 (58) Ångström: Dictionary of Applied Physics. 4, 545 (1923)
 (59) Rubens: Zeit. f. Instrumentenkunde 18, 65, 1898
 (60) Faschen: Ann. der Phys. 33, 736 (1910)
 (61) Coblenz: Bull. N.B.S. 4, 391 (1908)
 (62) (63) Coblenz: 9, 7 (1913), 11, 131 (1914)
 (64) Coblenz: Phys. Zeit. 14, 683 (1914)
 (65) Moll: Pror. Phys. Soc. 35, 257 (1923)
 (66) Moll: Phil. Mag. 1, 619 (1925)
 (67) 大山松次郎: 電學誌 45, 490 (大 14)
 (68) (69) 大山松次郎: 46, 1273 (大 15), 47, 478 (昭 2)
 (70) (71) 大山松次郎: 48, 700 (昭 3), 48, 495 (昭 3)
 (72) 大山松次郎: 電評 495 (昭 3)
 (73) 田中 貢: 電試研 No. 298, 1~65 (昭 6)
 (74) Lebedow: Ann. der Phys. 4, 209 (1902)
 (75) Johansen: Ann. der Phys. 4, 517 (1910)
 (76) Johansen: Phys. Zeit. 14, 998 (1913)
 (77) Reinkober: Ann. der Phys 34, 345 (1911)
 (78) Pfund: Phys. Reo. 34, 208 (1912)
 (79) (80) Pfund: R.S.I. 8, 417 (1937), 1, 397 (1930)
 (81) Pfund: J.O.S.A. 23, 375 (1933)
 (82) Launer: R.S.I. 11, 98, (1941)
 (83) Moore Webb: R.S.I. 11, 101 (1940)
 (84) Rogers: R.S.I. 11, 281 (1940)
 (85) Stack: G.E. Rev. 42, 365 (1939)
 (86) 沼倉三郎: 電試彙 6, 53 (昭 6)
 (87) 沼倉三郎: 電試彙 7, 57 (昭 7)

第 2 章 有線通信に関する事項

第 1 節 電話傳送理論

電話傳送理論に関する當所の研究は明治末期に於ける利根川守三郎氏の研究に始まつてゐる。利根川守三郎氏は夙に電話回線上の電圧電流の傳播理論⁽¹⁾と各種電話回線の通話損算出方法⁽²⁾の研究に力を注ぎ、電流供給損、電池損、反射損等に就いて實驗的並に理論的考察を加へた。その實測方法はダッデルの高周波發電機(周波數約 800 サイクル)と熱電流計を用ひ、又試験用線條としては各種の擬似架空線、實驗用ケーブル、裝荷ケーブル等を取り數多くの測定がなされてゐる。これ等を取纏めた所の電流供給損に関する研究報告⁽³⁾と各種の線條と終端装置を組合せた場合の通話損に関する研究報告⁽⁴⁾は電話回線通話損算出法に對する現行の逓信省技術心得の制定に當り重要な資料であつた。

利根川守三郎氏の研究を小川一清氏が受繼いで擔當した。先づ小川一清氏は電話回線中に直列又は橋絡に挿入される各種の器具機械に基因する通話損の大きさが挿入インピーダンスの大小のみならず挿入位置、回線インピーダンス、回線互長等に依り變化することを實驗的並に理論的に明確にし、又これ等の通話損算出の爲の近似式を與へた⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

次に小川一清氏は重信電話回線の傳送特性の研究に着手し、重信回線を構成する 4 條の架空導體の各種配置に對して磁場と電場の力線圖を描く一方法を考案し⁽⁷⁾、これを利用して重信回線の自己インダクタンスと静電容量とを決定し、それよりこれ等回線の減衰定數、特性インピーダンス等を求めてゐる⁽⁸⁾⁽⁹⁾。又鉛被紙ケーブルの静電容量の分布に就いて考察し、その不平衡が如何なる程度の漏話を生ずるかを究め、各種ケーブルに就いて静電容量とその不平衡度を實測し、ケーブルの構造と不平衡との關係を實驗的に求めてゐる⁽¹⁰⁾。

大正 10 年頃線輪裝荷ケーブルは非常な勢で實施されつゝある時代であつたが、その傳送特性を算出する爲に用ひられた各種の近似式又は近似法はその根據が曖昧であつた。小川一清氏はこれを闡明にすべく先づ分布定數を有するケーブルと集中定數を持つ線輪とより成る裝荷ケーブル回線の特性インピーダンス、減衰定數、位相定數を與へる嚴密な式を誘導した。そしてこれより適當な近似式を求め、從來の近似式、近似法と比較し又實際例に就いて計算し、それ等の近似程度を検討し適用範圍等に論及してゐる⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

次に小川一清氏は電話回線の反射損が從來電流比のみより定義されて居た不合理を指摘

し、実効電力の比で定義する方法を提案した。而して二つのインピーダンス Z_1 , Z_2 間の反射損の圖表示法を與へ、これより整合變成器を用ひて反射損を減少する模様を明らかにした⁽¹³⁾。

最後に小川一清氏は昭和6年「電話傳送回路の理論的考察」なる研究報告を發表し⁽¹⁴⁾、大地アドミタンスの影響を考慮に入れて傳送回路を取扱ふのに便利な新理論を提案した。これは電壓、電流に一次變換を施して實回路分と地回路分とに分けて考へる方法であつて見方を變へると大地アドミタンスを持つ傳送回路を實回路と地回路の重疊せるものと考へる方法である。この方法を複線回路、重信線回路に適用し種々の重要回路を一々解析してゐる。この理論によつてインピーダンス不平衡等が傳送特性に如何なる影響を與へるかを容易に腦裡に描き得られ又誘導妨害、漏話等の計算取扱ひの上に大なる便益が與へられる。

これより先、堀江貞治郎氏等によつて大正10年頃架空裝荷回線に關する實驗的研究がなされた。この場合漏洩量が通話損失に特に大なる影響を持つことを指摘し、これに對して主として構造上の對策を論じてゐる⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。又各國に於て濾波器が漸く實用に供し始められた頃、堀江貞治郎氏等は早くも濾波器を試作してその傳送特性を種々の終端状態の下にて實測した結果を報告してゐる⁽¹⁷⁾。その場合インダクタンス線翰の損失係数の低下に相當苦心した跡がうかがはれる。唯残念なのはその後濾波器の理論的研究が中斷された點で、この間に外國に於ては濾波器理論の進展がなされた。

近年に於ける有線電話回線の通達距離の増大に對して一つの障礙を與へたのは位相歪の問題であつたが、山本昇一氏はこれに關する理論的研究、實測結果、並にその對策方法等を調査して報告してゐる⁽¹⁸⁾。又中村顯一氏は所謂群傳播時間について考察してゐる⁽¹⁹⁾。最近に至りテレビジョン信號傳送と關聯して波形歪特に位相歪の問題は再び重大視されるに至つたが、染谷勳氏は反響波形合成法による波形歪の取扱方法を明らかにし⁽²⁰⁾、これを用ひて過渡振動少き低域濾波器の減衰位相兩特性を決定し⁽²¹⁾、或は非對稱的單側帶波傳送に於ける出力波の包絡線の歪を求めてゐる⁽²²⁾。

最近の傳送回路網理論は函數論的考察の導入に依つて躍進しつつあるが、渡邊寧、石川武二、喜安善市の3氏は任意のリアクタンス四端子網を縦横型回路に依り實現する一般的方法を與へた⁽²³⁾。山本昇一氏も縦横化の問題に對しては影像傳達定數の極に依る分解を用ひた方法を與へた⁽²⁴⁾。これは遅延回路には有効に適用し得るのであつて、遅延回路の新設計方法を提供した⁽²⁵⁾。又渡邊寧、石川武二、喜安善市の3氏は有限個の素子より成る受動二端子回路網に對する研究結果を發表したが⁽²⁶⁾、その中に「任意の二端子インピーダンスは出力側を抵抗終端せるリアクタンス四端子網の入力インピーダンスとして表示し得

る」と云ふ重要な定理の證明を與へた。これは Cauer, Darlington の證明とは獨立になされたもので特筆に値する。濾波器素子の有する消散が傳送特性に及ぼす影響に就いては従來種々の方法で研究されてゐるが、山本昇一氏はこの問題を周波數變換法を利用して統一的に論じ⁽²⁷⁾、且その圖表示の一方法を與へた⁽²⁸⁾。

文 献

- (1) 利根川守三郎：第二部研究会講演集 57 (明 44)
- (2) 利根川守三郎：第二部研究会講演集 1 (明 44)
- (3) M. Tonegawa & T. Arakawa: 電試研 16 (大 4)
- (4) M. Tonegawa & T. Arakawa: 電試研 17 (大 4)
- (5) K. Ogawa & T. Arakawa: 電試研 19 (大 6)
- (6) 小川一清, 荒川利雄: 信話誌 1, 3, 183 (大 6)
- (7) 小川一清: 電學誌 39, 373, 465 (大 8)
- (8) K. Ogawa: 電試研 78 (大 8)
- (9) 小川一清: 信話誌 3, 16, 419 (大 8)
- (10) 小川一清, 吉田小太郎: 電試研 102 (大 11)
- (11) K. Ogawa: 電試研 145 (大 13)
- (12) 小川一清: 電學誌 44, 431, 545 (大 13)
- (13) 小川一清: 電學誌 44, 435, 920 (大 13)
- (14) 小川一清: 電試研 324 (昭 6)
- (15) 堀江貞治郎, 戸谷二郎, 杉浦源兵衛: 電試研 97 (大 10)
- (16) 堀江貞治郎: 信話誌 29, 5 (大 11)
- (17) 堀江貞治郎, 杉浦源兵衛: 電試研 112 (大 11)
- (18) 山本昇一: 電試調 106 (昭 11)
- (19) 中村顯一: 電通誌創立二十周年記念大會豫稿 1部 23 (昭 12)
- (20) 染谷勳: 電通誌 211, 594 (昭 15)
- (21) 染谷勳: 電試堂 4, 10, 700 (昭 15)
- (22) 染谷勳: 紀元 2600 年記念聯合大會豫稿 163 (昭 15)
- (23) 渡邊寧, 石川武二, 喜安善市: 電試堂 4, 6, 429 (昭 15)
- (24) 山本昇一: 第 14 回聯合大會豫稿 144 (昭 14)
- (25) 山本昇一, 内山輝夫, 津田茂生: 電試堂 3, 2, 75 (昭 14)
- (26) 渡邊寧, 石川武二, 喜安善市: 電通誌 210, 541 (昭 15)
- (27) 山本昇一: 電試堂 4, 5, 335 (昭 15)
- (28) 山本昇一, 内山輝夫: 紀元 2600 年記念聯合大會豫稿 142 (昭 15)

第2節 電信方式及び機器

1. 歴史的経過

電信事業が我が國に創始せられてから約20年後に當所が開設せられ、而もその初期にありては電氣通信と云へば電信が中核であり、電信即ち電氣通信の感を與へる状況であつた。従つて電信は當所の重要業務であり、初代所長の淺野應輔氏を始め、大小に關せず所員の全部が關係せられてゐたものである。淺野應輔氏は明治26年に肥前長崎より五島福江に達する海底電信線布設^{(1)~(5)}を擔任せられしを始めとし、明治30年に於ける九州・臺灣間の海底電信線布設工事に於ける工事主任、特に後者は當所々長として、我が國に於ける電氣通信界に残した不朽不滅の大功績である⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。同氏は電信に特に力を注がれ、例へば電信講義の如きは明治26年より15回に亘り電信協會雜誌⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾に連載せられた。(第1回は淺野氏單獨署名、第2回以後は淺野應輔氏と川住鏡四郎氏との共同署名)又大隅・臺灣間の布設完了と共に、單信法により通信を行ひ來りしものを、明治32年松代松之助氏がこれを二重法に改めた⁽¹¹⁾。

50年間の當所業績を通觀するに、直接間接に我が國電信事業に裨益せし所多大にして、又一面歐米の電信技術の紹介をも怠らず、技術の發達に伍し或はこれに先驅して電信分野のあらゆる部門に觸れ、その研究調査項目のみを數へても優に百數十件に及んでゐる。これ等を限られたる紙面を以て詳述するは不可能であり、又通信方式並に機器と云ふも、電信技術の特質より各獨立的存在にあるもの多きを以て、記述に當りては研究調査経過を明瞭ならしむる爲、陸上電信、海底電信、中繼装置、一般電信機器、印刷電信、電信交換、その他の7項に分類し、その跡を系統的に辿つて見ることとした。

(1) 陸上通信 陸上通信方式としては明治26年に、二重電信機がそれ迄單線式により通信せられてゐたのを複線式を採用すべく實驗⁽¹²⁾したのが初めては無いかと思はれる。その結論としては採用の利益なるを認め、繼電器、檢電器をP.O.型に準據して製作せしめてゐる。33年には線路状態の變化が自動電信機の通信速度に如何なる變化を與へるかを詳細實驗⁽¹³⁾し、又別に閉電路式の利害得失を詳密に論及せるものあり⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾、35年には電信電話双信法の研究を行ひ發表⁽¹⁶⁾してゐるが、これは同法が電話回線に應用することは容易であつて、電信回線に適用することは困難であると考へられてゐたのを、明治34年に開通を見た横濱一葉山、横濱一宮の下線等を利用して實驗せしもので、中間局を含めるにも拘らず良好な成績を得たものであるが、その當時としては歐米諸國に於ても電信回線に廣く應用せられて居らず、我が國としては双信法は電信回線に利用する場合多

きものとして従來屢々これが研究が行はれ而も満足なる結果を得ざりしものを苦心の結果成就せしめた點に價値がある。翌35年にはその當時東京・長岡間に直通回線無く新潟にて中繼してゐたものを線路はその儘として新潟局の設備を改良考案し、1分間70字位の速度にて完全なる直通々信が出來得る如く實驗⁽¹⁷⁾を行ひ、又同年2月に、複流式單信法の不便及び通信遅延等の原因を除去する方法に就いて種々實驗した成績に基づき、その改良を策したのものもあり⁽¹⁸⁾、その翌37年には、結合二重電信法としてスターン及びボラーの夫々二重法を結合した方式を實驗⁽¹⁹⁾し、又38年には四重電信法の改良實驗⁽²⁰⁾を行ひ發表する所があつた。その翌年には英國に於けるパーブス式中央電池式二重電信法⁽²¹⁾及びモリス二重電信法⁽²²⁾を我が國に初めて紹介してゐるのも興味ある事と思はれる。更に38年には電信電話双信法の方式を決定する目的をも兼ねたる東京・佐世保間の長距離通話實驗⁽²³⁾、39年には青森・函館間の回線に對し双信法の詳細なる實驗調査⁽²⁴⁾を行つてゐる。翌40年に至りては電信線に於ける漏電の影響に就き發表⁽²⁵⁾してゐるが、漏電の平等に配分せられたる場合と然らざる場合とに分ち、電流及び抵抗の種々なる關係を數式にて説述せるものである。

又同じ年に自動機通信の實驗を詳細に行つたものが當所研究報告⁽²⁶⁾第2號として發刊せられてゐる。

その内容は、擬似陸線300哩につき送信速度を變化せしめたる場合の着流を測定し、更に漏電ある場合等に於て着流に及ぼす影響に就き實驗し種々考察を加へ、鐵線を使用した場合、200哩以上の自動機通信の困難性を論じたる後、四つの救済策を提唱せるものである。又茲に便宜上通信速度に關係あるものを挙げると、明治40年にモールス符號通信速度と現波符號通信速度との比較考察⁽²⁷⁾、翌41年にモールス符號手送速度表⁽²⁸⁾の發表がある。明治40年に鈴木壽傳次氏により鈴木式高速度二重電信法なる名稱の下に研究結果が發表⁽²⁹⁾せられてゐるが、これは陸線のみならず海底線の場合も併せ考究せられたもので、普通の差動式回路と異り送信装置と線路及び擬似回路との間に夫々蓄電器を挿入し、尙海底線の場合には線路、擬似線間にマグネチックシャントをも挿入せるものであつた。又41年には絶縁悪しき蓄電器の容電量並にこれが電信通信に及ぼす影響に就いて實驗調査⁽³⁰⁾を行ひ又同月に短距離二重電信法及び四重電信法の適用に關する考察⁽³¹⁾が行はれた。42年より43年にかけては種々なる状態に於ける電信電流の光學的調査として擬似線及び實線に就いて、オシログラフを使用し線路の容電量、他線よりの誘導作用及び機械各部の影響に關する研究結果⁽³²⁾⁽³³⁾の報告があり。更に44年には大阪・京城、東京・京城間の高速度直通々信として振動式が最も優秀なる事を詳細なる實驗の結果より確め、尙海

底線通信理論の一端を併せ述べた報告⁽³⁴⁾が提出せられた。この時代としては通信方式として双信法が研究対象となつたものらしく、大正2年にはシムプレックス電信電話双信法を阻流線輪式及び中繼線輪式に大別し、二者の中何れが優良なるかを選定する目的にて通話、信號状態及び電信の速度等に就き實驗⁽³⁵⁾を行つた。又同年に各種寫眞傳送法及び各種書字電信機に就いての紹介⁽³⁶⁾や電磁的受信鑽孔機及び新式自動送信機よりなる新式自動電信法に就いての實驗⁽³⁷⁾等がある。大正8年にシムプレックス電信電話双信法の改良に就いて考究せられ、その一として電信電話双信装置なる名稱の下に荒川利雄氏により大正9年に特許(第37135號)が得られてゐるものは、米國式双信法に於ける電話電流が必要部分以外に浪費せらるゝを防止し、尙電信電話兩通信の相互干渉による妨害を防止したるものである。

更に通信方式に關聯して、漏電多量になり着流が著しく減少し通信不能となりたる場合、通信の中絶せらるゝを防止する方策として受話器を以て聴取する特殊装置を作成し、その當時最も漏電の多かつた東京一鴨川、東京一横濱、青森一大間、青森一小泊等の回線にて實驗を行ひ、1乃至1.5mAの着流となつたが良好なる通信を持続し得たのは大正6年及び7年であつた⁽³⁸⁾。この時代にはその他交直流共同線單信法⁽³⁹⁾や促答信號法⁽⁴⁰⁾の考案があるが、前者は交流と直流とを重疊し單信回線2通信路を得たるもの、後者は對手局の呼出しに時間を空費するの因となる應答遅延を防遏する手段として局部回路に簡單なる考案を爲せるものである。斯くの如き時代にあつては通信の安定、速度の増進、通信路の獲得に努力せられたるものゝ如く、引續く時代に於て、振動式四重法、交直四重法に關する研究が行はれ、更に搬送多重電信時代に入つて來たのである。即ち振動式四重法としては大正9年10年に亘り研究⁽⁴¹⁾して居るが、その原理は1局に陽電流及び陰電流側の2個の繼電器を備へ、通信無き時は相手局の交流周波數に應じてその舌片は振動し、通信電流が到達すると兩繼電器は陰陽に應じて動作し四重通信を行ひ得るものであつた。交直流四重電信法としては、大正9年に交流側の音響器に現はれるハミングを除去する考案⁽⁴²⁾、大正15年には、交流が直流側へ潛入する量及び直流の過渡部分が交流側へ潛入する量を夫々減少せしむる考案(特第68935號)があり、後者は双信法にも利用し得るものであつた。昭和2年に同じく交直流四重電信通信方式の考案(特第71592號)、續いて昭和6年にその送受信装置を改善し且繼電器と變壓器との組合せにより従來の5倍の通信速度を得る回路を實驗考案⁽⁴³⁾し發表を行つてゐる。さて搬送方式に關係あるものとしては、先づ鳥潟右一、北村政次郎、丸毛登、堀江貞治郎、津守英五郎の諸氏により、大正7年に高周波式有線多重電信電話装置に就いての研究(特第36688號)を擧げ得る。その内容は電信電話線

又は電力線等を用ひて、通信又は送電に妨害を興ふる事なく、高周波電流を重疊して多重の高周波式同時送受信又は送受話を行ひ得るものである。その後大正13年に武中貞津衛、高下和義兩氏によりマルチフレクエンシー式電信方式の特許(第61006號)が得られてゐるのが注目せられる。その原理を簡単に述べると、數種の周波數の交流を組合せて1文字を構成せしめて同時に送信し、受信に當つては濾波装置又は共振装置を使用し、同時に各周波數を分類受信して印字せしむるもので、受信符號は1文字毎に現字紙へ一列に印字させる方法を探り、タイプライター式電鍵盤の使用を可能ならしめ、且著しく通信速度を増大し得るものであつた。後代に1文字を形成するに數種の異りたる周波數を用ひて分割送信する方式、例へば Deveaux 法としてラヂオプリンターの如く畫線分解法が出現しむるのを觀る時、寔に感慨深きものがある。搬送多重電信としては音聲周波數を利用する装置の研究が大正11年頃から堀江貞治郎、杉浦源兵衛兩氏の異常なる努力により爲された⁽⁴⁴⁾事は、我が國電信界に於て劃期的業績として推賞するに足るものである。その詳細は當所研究報告第164號として發表せられてゐるからその内容は譲るが、濾波器、共振装置を始め送受信装置のあらゆる部分の研究上、今日の如き便なく、特に濾波器の設計はその當時僅かにキャンベルの特許が發表せられたに過ぎぬ草創時代にあり、我が國に於ける當初の研究であつたものと思はれる。その後本研究が基となり、青森・函館間の搬送多重電信回線の實施に結實した事は、今日の搬送電信の盛況と考へ合せこれ又興味盡きぬものがある。斯く通信方式は搬送方式により一旋回し、更にこれが現況に述べる位相辨別式に新なる分野を開拓してゐる。尙昭和9年には複流による一方向式高速度電信の實驗を架空線及びケーブルに就いて行ひ、1分間2,100字の通信を行ひ得たる事を立證⁽⁴⁵⁾し、又昭和10年には直流電信回線に挿入せられたる低域濾波器が通信速度に及ぼす影響に就いて數式を以て論證し、更に實驗の結果をも併せ報告⁽⁴⁶⁾を行ひ、昭和10年にはブラウン管による繼電器動作時間測定装置を利用し、二重電信に特有なる符號歪を分解的に測定してその矯正方法を指示⁽⁴⁷⁾してゐる。その他特殊なものとしては、電氣化學的なる模寫電信受信方式に就き昭和12年考案、昭和15年10月にこれが特許(第139241號)を得てゐるが、實驗の結果は頗る良好であり、妨害電流等の記録装置としても利用し得る極めて簡易なるものである。

(2) 海底電信 海底電信に關しては、緒言に於て述べた通り淺野應輔氏の内地・臺灣間海底電信線布設に始まり、松代松之助氏の手により明治32年に二重法に變更せし業績があり、これより先だつ2年、明治30年に、海底電線通信法⁽⁴⁸⁾と題し、ロードケルビンの式を中核に論じたる後、近距離にはアンチュレーターが適切なりと論斷せる松代松之助氏

の論文及び 31 年の浅野應輔氏の太平洋海底電線なる論文⁽⁴⁸⁾がある。續いて翌 33 年にはミュアヘッド擬似ケーブル及び海底線二重法による装置の調整方法や注意を要する諸點に就き發表⁽⁴⁹⁾を行つてゐる。尙海底電信に關聯せるものとして 39 年に布設せし海底線を曳き上ぐる時の張力の計算を行ひ發表⁽⁵⁰⁾してゐる事を茲に附け加へて置く。その翌 40 年に、長距離海底線通信法と題し、世界に於ける海底線事業、海底線通信の困難なる理由、使用機器等に就いての講演並に發表⁽⁵¹⁾があつた。

又明治 41 年には海底線二重通信法の一般解説を發表⁽⁵²⁾し、大正元年には長崎海底線鍍装所に於ける古海底線の改造作業中の一部たる古心線取扱ひに關する實況、翌 2 年に同所に於ける海底電線の鍍装作業に就き夫々紹介⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾した。その後陸線と海底線との自動中繼に就き、大正 7 年に東京・長崎及び長崎・臺灣間の擬似線を作成し室内實驗を行つたが、真空管の出現に注目し、これを利用したる増幅装置を以て通信速度の増進を計らんとする企ては大正 8 年頃から着手し昭和 2 年頃迄引續いてゐる。その中で主なるものを挙げると、現波機を改造しこれと真空管とを結合して受信符號を増幅する装置を案出したが、これは大震災にて焼失し、大正 14 年には電流斷續器と變壓器使用による真空管増幅器を考案(特第 68828 號)し、大阪市に開かれた電氣大博覽會にも出品してゐる。こゝに斷續器を使用したのは變壓器結合による増幅を可能ならしむるため一段増幅後の着流を斷續せしむるためであつた。その他昭和 2 年の特許(第 714022 號)として、プレート回路に豫め交流を加へ置き着流にて變調し變壓器結合増幅を行ふもの、昭和 3 年の特許(第 75044 號)として、斯く増幅せられたる海底電信符號電流を最後にレコーダーにて受信する場合、定常プレート電流のため中性點を保ち得ざる缺點を除く方法として、陽極電壓とは別個にレコーダーの兩端子間に定常電流打消用電壓を印加した時、直並列の抵抗にて打消電流を調整し得る方法を研究してゐる。現在我が國に於ける海底線増幅器のレコーダー回路は、何れも中性線更正装置を備へてゐる。尙これ等特許に基づく装置は、松江・元山間の海底電信ケーブルを以て實地試驗を行ひ良好なる成績を得てゐる。その他海底電信に關しては、現波符號電流がケーブルの靜電容量の影響をうけ歪を生じ延尾するのを防止するため、各短點電流の次に一瞬間反對方向の電流を送出する送信装置の改良(特第 75550 號)、又昭和 4 年に二重不平衡に起因し送信電壓が受信機に作用する事を防止するため、真空管特性を利用し、端子電壓が一定値以下なる時は感動せず一定値以上なる時殆ど一定の感度を受信機に與へる装置(特第 82987 號)、又大正 13 年には海底電信に交流通信を重疊する研究⁽⁵⁵⁾を遂げ、同じ時にサイフォンレコーダー巻線の運動に關する發表⁽⁵⁶⁾をも行つたが、これは先づ理論的に數式を以て説明し結論の終りに特殊現波装置の考案試作に就いて述べてある。尙昭和

3 年にケーブルリレーとして可動金屬線とこれと電氣的接觸をなし得る電解液とを具へたるものゝ考案(特第 77017 號)があるのも興味がある。

尙、海底線二重通信各種擬似ケーブルの諸特性を詳細に測定せる結果⁽⁵⁷⁾も發表されてゐる。

(3) 中繼装置 電信中繼装置に關するものとしては明治 25 年に、開電單流式自動中繼装置に就き、それ迄の中繼法の缺點を除き改良せるものを青森・東京間、仙臺・東京間の回線にて實驗し良好なる成績⁽⁵⁸⁾を得たものが始めであると思⁽⁵⁹⁾はれる。翌 26 年には電信自動中繼機装置に就き發表⁽⁶⁰⁾あり、その後明治 40 年に、各種自動中繼法の改良として、從來のものゝ缺點を指摘し、改良考案せる結果を公けにしたものがあり⁽⁶¹⁾、暫く間を置き大正 6 年に中繼盤監視器に就いて考究し、大正 8 年には特許(第 35372 號)をも得てゐる。その回路はリークリレーの局部回路に繼電器と表示器とを用ひ、小電動機又は時計仕掛にて一定時間毎に電源へ接続し、通信電流にては表示器は動作せず一定時間呼出局にて記號電流を送つた時にのみその局に相當する表示器が動作するものである。これは大正 12 年春上野で開かれた博覽會にも當所出品物の一として陳列せられた。又閉電式單信自動中繼装置に就いては、大正 13 年に研究結果を發表⁽⁶²⁾、尙本項に關する特許としては交流信號自動中繼方式(第 68936 號)、二重電信用無擬似回線自動中繼装置(第 71821 號)、真空球無擬似線路複流式二重電信自動中繼装置(第 81194 號)等があるが、紙面の都合上詳細は割愛する。その外複流式二重電信自動中繼盤リーク回線を廢止し、その監視装置を擬似線中に挿入する研究も發表⁽⁶³⁾せられてゐる。

(4) 一般電信機器 當所開設當初に於ては電信機器類の改良設計に關するものが相當多く、該當年度の通信年報に記載せられてゐる通りで、主として音響器、印字機、檢電器、差示電流計、抵抗器等であつた。その中で最も古いものとしては、明治 25 年のモールス電信機調度に關するもの⁽⁶⁴⁾、明治 27~28 兩年に亘る電信機械及びその附屬品に就いての考察⁽⁶⁵⁾⁽⁶⁶⁾⁽⁶⁷⁾があり、その後海外の電信技術の發達に伍して我が國の斯業の伸張に資するための調査實驗も併せ行はれる様になり、例へば明治 39 年に電信用諸機器の動作速度と時定數の關係に就き詳細なる實驗⁽⁶⁸⁾、40 年には電信機装置法改正の必要に就いて⁽⁶⁹⁾論述し、尙次項に述べる印刷電信機關係があり、大正初期には電信用紙、インク等に就き研究を行つてゐるが、別の部門に屬するを以て茲には省略する。大正 3 年には我が國にて購入したビル受信鑽孔器、クリード改鑽器に對する實驗調査⁽⁷⁰⁾⁽⁷¹⁾等がある。モールスセレクター、選出信號装置に關してはその時代の要求を反映し、大正 2 年頃より考究せられたものゝ如く、大正 3 年には閉電路式回線の任意局を選出し得るものを考案發表⁽⁷²⁾、これ

に關する特許のみを擧げて時限機構及び驅動力補助装置として時計利用(第62179號)、時計に代り水銀スイッチの代用(第77018號)、時限機構に蓄電器の充放電時定數の應用(第119541號)、第二位以下の短點數に應じステップバイステップに動作せしめ最後の長點にて運動電磁石動作(第71822號)等があり、第三に屬するものは電信用個別呼出器として發表⁽⁷³⁾がある。送受信機に就いては大正8年頃に送信機の簡易なもの、考案に努力したものの如くで、更に大正15年に繼電器とサイフォン結合の受信機(特第68827號)、昭和11年に現波符號鑽孔紙を以て陸上モールス符號として送し得る自動送信機(特第118862號)、在來の對向接點を回轉體接點に改めた自動送信機(特第118362號)があるが、後者に就いては當所研究報告⁽⁷⁴⁾第409號として從來の各種送信機に就き先づ説明したる後本機の實驗結果が詳細に述べられてあり、又別途發表⁽⁷⁵⁾する所があつた。尙當所で製作せしめたものが蒙瓊で使用せられてゐる。光電管式のもの、昭和3年頃から當所に於て研究を始めてゐるが、原口猷一氏により無線用として高速度自動送信機並にこれに應ずる受信機が完成してゐるのは周知の如くで⁽⁷⁶⁾ある。檢電器としては周波計の理による交流用のもの、考案⁽⁷⁷⁾があり、又繼電器關係としては、古くは明治26年に淺野應輔氏の新案繼電器⁽⁷⁸⁾があり、下つて昭和8年の振動繼電器の特性實驗⁽⁷⁹⁾、可動線輪型及び可動鐵片型有極繼電器の試作發表⁽⁸⁰⁾⁽⁸¹⁾があり、後者は一部實用せられてゐる。尙最近に於て現在の搬送電信受信機繼電器の缺點を除き輕量且材料を半減し得て而も性能優秀なる新機構原理に基づく有極繼電器を考案(特第146242號)完成し、これが機構、性能の發表⁽⁸²⁾⁽⁸³⁾⁽⁸⁴⁾が行はれた。又一般機器としては光電式送信機による受信機受信速度の實驗⁽⁸⁵⁾、鏡盤鑽孔機の壽命に關する實驗⁽⁸⁶⁾があり、更に音響器關係としては夙くも明治26年に音響器を採用する一方策に就いて論じたるものが發表⁽⁸⁷⁾せられたが、その後音響通信に於ける裝置保守費の低減を計るため、昭和11年に送受話器及び變壓器を組合せ饋還回路を形成せしめた音響通信機の考案(實用新案第240528號)試作を行ひ發表⁽⁸⁸⁾したが、最近集信機にこれが利用せらるゝ事となつた。尙これは簡易なる發振音響器であるから軍用その他にも利用し得るものと信じてゐる。又これと略用途を同じくするものが昭和15年10月に發振音響器として實用新案(第290355號)を得て居り、これは送受話器を一體⁽⁸⁹⁾としたものである。尙音響器設計上の指針たらしむる發表⁽⁹⁰⁾もある。測定器試驗器關係としては古く明治30年に外國製品の各種抵抗器に就き調査研究し、製作上の指針⁽⁹¹⁾⁽⁹²⁾⁽⁹³⁾たらしめたものが先づ注目せられ、近年に至つては昭和9年にブラウン管利用の繼電器動作試驗器を以て回路の電氣常數が繼電器動作に如何なる影響を興ふるかを實驗⁽⁹⁴⁾し、又昭和11年に電信歪測定器の考案⁽⁹⁵⁾がある。特に後者は當所研究報告第405號⁽⁹⁶⁾としてC.C.I.T.にて決定した電信歪

の定義並に各種歪に就き論じたる後在來の歪測定器全般を述べ、最後に研究せる測定器を詳述せるものである。尙その他に極めて短時間の動作特性を觀測するに適する短時限測定方式(特第131788號)を考案試作せる結果をも公表⁽⁹⁷⁾した。

(5) 印刷電信 印刷電信機が我が國の國産技術により完成したのは近年のことに屬し、昭和12年11月3日より實地現用せられてゐるが、それ迄は外國製品が大部分を占めて居つた。従つて我が國にこれ等製品が入つたのは相當古く、當所に於ても當初より實驗紹介に努力し來つた。即ち明治41年には早くも書寫電信機に就いて發表⁽⁹⁸⁾、43年にはフェルンドロッカー⁽⁹⁹⁾、翌44年12月には輕便印刷電信機と題しての發表⁽¹⁰⁰⁾、大正4年にはクリードビル高速度印刷機⁽¹⁰¹⁾に就いて夫々實驗考察を行ひ、大正10年には當所調査報告第1號として、當時の印刷電信機の全般を網羅し原理構造動作等の詳密なる調査⁽¹⁰²⁾を行つたが、これはその時代に於ける印刷電信機に關する唯一の本邦文献とも稱すべきもので、後年の研究上裨益する處極めて多大であつた。尙大正15年にはモルクラム多重機の紹介⁽¹⁰³⁾もある。これと同時に印刷電信機の考究も大正12年頃より開始され、昭和6年に4單位符號による印刷機(特第99435號)を始め特許新案を得たるものゝみを擧げて、昭和6年の印刷電信機に於ける送信自動停止裝置(特第94356號)、印刷電信送受回路(實第215010號)等がある。他方我が國の印刷機が現在に於ても假名數字のみのものであるところから一步を進めて漢字印刷電信機の實現を企圖し、昭和11年頃から着手し送信機の試作を終つたが、何分にも1萬に達する漢字の自動印刷電信を行はしむる事は容易ならざる事である。又これとは別に特殊の漢字電報方式を研究中である。尙本項に關するものとしては、國産印刷受信機の性能實驗⁽¹⁰⁴⁾⁽¹⁰⁵⁾、受信機構の動作過程を光學的⁽¹⁰⁶⁾⁽¹⁰⁷⁾⁽¹⁰⁸⁾に調査したるもの、本省工務局員と協力して行へる日滿間の長距離電信回線と結合した印刷電信のマーヂュを測定せる實驗⁽¹⁰⁹⁾⁽¹¹⁰⁾がある。他方印刷電信機の性能は國際的にマーヂュなる量を以て表現せらるゝ事となり、これに關して昭和13年に定義並に歪との關係、各國に於けるマーヂュ測定方式を詳述發表⁽¹¹¹⁾を行ひ、續いて新測定方式により受信機のマーヂュを測定⁽¹¹²⁾⁽¹¹³⁾した。

(6) 電信交換 電信交換に關しては明治31年に、當所松代松之助氏がこれを創設しようとして豫て考慮中であつたものを東京局に試設し、實驗⁽¹¹⁴⁾の結果、良好な成績を得たので、33年に東京、大阪兩局に使用したものが初めてあると思はれる。明治37年6月には電信交換機と題し講演せるものが發表された⁽¹¹⁵⁾。その内容は電信交換機の起源及び我が國に於ける實施狀況、製作等に就いて詳述せるものである。その後石井鐵五郎氏により表示器使用の缺點を改めランプ式とし又信號電流を直流に變更し加入局の發電機を全

廢せし外、各部にも改善を施し實驗の結果頗る良好であつたので、大正8年に至り東京、大阪兩中央電信局用のものを製作現用せしめたが、回路は電信電話技術心得第32號⁽¹¹⁶⁾に記載せられてゐる。以上は未だ電話自動交換の我が國に採用せられざる時代にしてモールス通信用手動交換機であつた。その後暫くおいて當所黒田農氏と工務局鳥海登、酒井尚志兩氏との名に於て蓄積装置を附加した電信集信交換方式の特許(第131945號)、同じく當所黒田農、相島武夫兩氏と工務局鳥海登氏との電信自動中繼方式(特第135840號)等があるが、何れも印刷電信交換を我が國に實現せしむるための先驅を爲すものである。尙その後の研究になる印刷電信全自動交換に就いては便宜上現況の項に譲る事とした。

(7) その他 次に特殊なる事項を茲に一括して記述する事とするが、先づ第一に擧ぐべきは電信回線相互間の誘導作用及び電信回線のうくる誘導障害とその防止に關するものである。前者にありては夙くも明治35年に併架せる數條の電信線の誘導作用を、靜電的なるものと電磁的なるものとに分類し、數式を以て解説し、尙ミューヘッド擬似ケーブルを用ひて靜電的作用に就いて實驗⁽¹¹⁷⁾を行ひ、後者にありては電信電話用機器が電燈電力線よりうくる通信妨害に對し實例及び數式より論じ、これが防止方法に論及⁽¹¹⁸⁾せるもの、大正2年には妨害の第一原因たる漏洩電流の實例解説、第二原因たる靜電的及び第三原因たる電磁誘導に對する數式による説明、最後にこれ等諸原因に基づく通信障害を防止する方法を2~3擧げその効果を論究⁽¹¹⁹⁾⁽¹²⁰⁾せる發表が行はれたが、何れも鈴木壽傳次氏の努力によるものであつた。大正2年フューズ線の可熔電流に就いて在來發表せる實驗式と比較實驗⁽¹²¹⁾を行ひ、更に同年豫て下關局に於ける通信用電池の變更に關與せる二次電池新裝置の完成を見たので本工事に就き紹介⁽¹²²⁾した。又昭和4年より7年の4個年に亘り電氣學會、電信電話學會協力の誘導障害防止委員會の委囑によりて、電信回線のうくる誘導妨害電流許容値決定に關する實驗を、武中貞津衛、福田米造、渡邊儀一郎の諸氏により詳細に行つたが、その結果は信話誌その他に發表⁽¹²³⁾⁽¹²⁴⁾⁽¹²⁵⁾せられた。又これとは別に電氣通信委員會の委囑により、昭和10年度に電氣通信のラジオ聴取者への影響に關する實驗調査を行ひ、詳細は同會調査研究紀要に發表⁽¹²⁶⁾せられてゐる。又昭和2年に架空電信線路障害箇所を決定するに、斷線及び地氣の場合均等なる通信線より成るものに對し、豫め描き置ける曲線より理論的に求むる方法を提案⁽¹²⁷⁾してゐる。その他電信機器の規格制定に關しては、當所の使命に鑑み積極的に協力しつゝある所にして、既に制定公布せられたるものゝ調査、立案並に審議に携り、例へばその内の電信用A11號抵抗の溫度上昇規定の規準に對しては實驗及び理論的見地より考察を行ひ、その結果を發表⁽¹²⁸⁾する所あつた。その外電信機器及びこれと至大の關係を有する用紙等に就いても機器の立場よ

り調査實驗⁽¹²⁹⁾⁽¹³⁰⁾を行ひ、又他方電信局所設備として機器と共に重要な要素たる電信用電源に對しても當所開設當初より研究を怠らず、明治26~27年には早くもダニエル電池の改良考案⁽¹³¹⁾、ダニエル電池とレクランシー電池との比較調査を統計上及び實驗⁽¹³²⁾上より求め、更に37年には電信共用二次電池式の設計及び實施後の成績に就き發表⁽¹³³⁾したが、これはこの時より數年前に研究せる結果に基づき、35年來東京中央電信局に初めて實施せる經過を報告したものである。

電信回線に於ける地中導體に關する研究は注目すべきもので、その概要は遞信事業史第三卷に述べられて居る如く、現在の地中導體埋設標準の基礎研究業績である。本研究は初代所長淺野應輔氏の指導下に鈴木壽傳次氏が専ら研究せるもので、我が國の地中導體理論は茲に確立し、遞信省に於ても電信電話技術調査會の決議を経て、埋設標準⁽¹³⁴⁾を定め今日に及んでゐる。即ち明治36年には地中導體の形狀と電氣抵抗との關係を數式にて解説し種々實測によりこれを立證⁽¹³⁵⁾し、更に37年には地中導體間の距離と抵抗との關係、成極作用と導體表面抵抗、腐蝕作用⁽¹³⁶⁾、地中導體を數回線共用せる場合の障害、並に他の地中導體より通信に及ぼす妨害等を交直流兩者に分ちて論じ、これが防禦方法に就いても發表⁽¹³⁷⁾してゐる。その他本問題は當時の學界の注目をひき、それ等に關する問答等⁽¹³⁸⁾⁽¹³⁹⁾も散見する。

又從來全く等閑に附された電信用機器特に機械的動作を主眼とする印刷電信機、鍵盤穿孔機等の動作時に發する雜音の問題に就き機構改善、性能の直接的判定、又音響機器にありては機器の改善と業務能率向上の目的より夫々詳細なる實驗考察が行はれこれが結果を發表⁽¹⁴⁰⁾⁽¹⁴¹⁾⁽¹⁴²⁾した。

尙電信に關係あるものとして一括して述べると、電離論に就ての發表⁽¹⁴³⁾、米國電信界の考察⁽¹⁴⁴⁾、郵便局及び鐵道停車場に利用すべき電氣時計⁽¹⁴⁵⁾⁽¹⁴⁶⁾、エポナイトに關する發表⁽¹⁴⁷⁾、ガッターパーティの考察⁽¹⁴⁸⁾、電信用抵抗器の卷線の發熱作用⁽¹⁴⁹⁾、モールの傳記紹介⁽¹⁵⁰⁾等がある。又双曲線函數の電信への應用⁽¹⁵¹⁾⁽¹⁵²⁾、鉛に關する詳細なる考察⁽¹⁵³⁾、電信機器卷線被覆の試験⁽¹⁵⁴⁾、電信電話用線⁽¹⁵⁵⁾、ゴム⁽¹⁵⁶⁾、等があるが、何れもその當時の電信を主眼とせる發表であつた。又その外電信局内引込用電線に就いても詳細な考察結果⁽¹⁵⁷⁾を發表してゐるし、電池共用法⁽¹⁵⁸⁾に關するもの、更に電信保安裝置關係として電信電話双信法に於ける蓄電器保護用としての避雷器裝置に就いての實驗結果⁽¹⁵⁹⁾、避雷器の位置並にこれより引込むべき導線に就いての實驗公表⁽¹⁶⁰⁾等あり、講義的なるものにあつては松代松之助氏の電信學、伊東敬一、根岸薫、武中貞津衛氏等の電信に關する著書、又試験法に關するものにも若干の發表があるが、此處には紙面の都合上省略することとした。

2. 現 況

日支事變の勃發は通信技術研究の上に重大なる影響を齎した。即ち従來は我が國のみの電信技術を対象としてゐたものが、廣く東亞の電信を目標とする事となり、日滿支3國間の電信統制、一元化並に我が國独自の技術確立をめざして事變處理に積極的に協力する方向へ旋回し、研究事項も重點主義を採る事となつたのは必然である。當所に於ける電信研究の現状に於て、項目中公表する自由を有せざるものもあり、此處には發表して差支へなきもののみを以下順を追ふて記載する事とした。

(1) 位相辨別式搬送多重電信 従來の搬送電信と云へば我が國にては12通信路、歐米にては18通信路のものが現用せられて居り、何れも一つの搬送周波數にて1通信路を形成して居るものである。茲に當所にて研究中のものは同一搬送周波數を用ひて2通信路、即ち従來と同一周波數帯域にて2倍の通信路を得らるゝものである。従つて線路費及び通信量から見れば前者は半減後者は倍加する事を意味する。その原理とする所は互に90°の位相差を有する同一周波數なる正弦波及び餘弦波を搬送波に選び、これを電信符號電流にて變調し搬送波阻止方式により送出し、受信に當りては搬送波を入れて復調するものである。本方式は大橋幹一氏の提唱に基づき吉田五郎、平林初雄、北爪英治の諸氏の努力により行はれ、實驗結果^{(161)~(166)}も良好にして目下試作装置の製作中である。

(2) 漢字電報及び漢字印刷電信 我が國の印刷電信機は國産化せられたがそれは假名印刷電信機である。これが漢字印刷電信機であるならば將來實施せらるべき加入者電信業務は初めて理想的なる印刷電信を行ひ得るのである。特に現下の狀勢より觀て、漢字使用國たる日滿支3國の電信の一元化を考ふる時は、これが實現は一日も忽せに爲し得ないものと思はれる。當所ではこの點に鑑み、先づ技術的解決の第一歩として大橋幹一氏の指導下に漢文電報装置を得べく昭和13年より研究を開始した。而してこれに關係ある特許を擧げると、特殊電報翻譯印字方式(第130623號)、特殊通信方式(第134481號)、同じく特殊電報自動發信方式(第134482號)、特殊電報譯出調整方式(第134653號)、及び特殊電報送受方式(特第135367號)等があり、又特許出願中に屬するものとして特殊電報自動受信方式(昭13, 8出願)、特殊電報自動印刷受信方式(昭13, 11出願)、受信符號變換方式(昭14, 10出願)、同じく(昭15, 4出願)、特殊電報自動印刷受信装置(昭15, 11出願)等がある。而して目下研究中の一方式に對しては既に發表^{(167)~(169)}せる所なるが、これに要する装置は大橋幹一氏指導下に梶正明、佐藤忠次兩氏等により研究設計を進め、その主要機器は大部分試作を了し、目下詳細検討中である。次に原理を略述すると、譯出鑽孔機を用ひ6單位印刷電信符號2個の組合せで約1萬の符號を求め、これを漢字約1萬に該當せしめ、尙間隔符

號として1個を加へ、これ等を鑽孔テープとして作成し自動送信する。受信側にてはこれを受信鑽孔機にて同じく鑽孔テープとして再生せしめ、更に翻譯印刷機にて符號に該當する光學的表示に従ひ漢字を印字せしむるのであるが、使用の便より手動自動の兩種を完成せしむる豫定である。尙これと關聯して漢文電報の符號を和文電報の符號へ變換し、漢文回線と和文回線とを直接連絡せしむる一方式に對しても考究し發表⁽¹⁷⁰⁾した。又これと別個に現在の印刷電信機を自動漢字印刷電信機として完成せしむる研究も並び行はれ、機構を輕量的ならしむる一手段としての塑造活字に就いて發表⁽¹⁷¹⁾する處があつた。

(3) 模寫電信 將來の電信を展望する時、印刷電信と並んで模寫電信が確固たる地位を占むるものと考へられる、當所に於てもこの方式が符號を用ひざる點から見て東洋の通信に寄與するものとし、特殊方式による模寫電信を研究中である。而して従來共この装置があるにはあるが、理想的には現像その他の操作を要せず簡易にて而も連続送受信出來得るものである事が望ましく、當所に於ては昭和10年10月に自然電球の光變調を深からしむる方法を寫真電送を利用せるもの⁽¹⁷²⁾、及び昭和12年に高速度連續走査寫真電送装置⁽¹⁷³⁾に就き夫々研究發表したが、現在研究中のものは送信としては特殊装置により連續送信し、受信には導電性を有する受信紙を用ひて放電記録せしむるものである。因みに本研究は^{(174)~(179)}大橋幹一氏の指導下に主として奥野治雄、津田克藏、神下金太郎の3氏が行ひ居り試作装置も出來した。

(4) 印刷電信全自動交換及び受信鑽孔裝置 印刷電信装置の普及と主要回線の搬送化に伴ひ、必然的に長距離電信連絡を合理的に統制一系化し運営の適正を期する事が緊要となつて來た。近時施設の擴充以上に電報量の激増甚しく、而もその大部が所謂人手中繼により處理されてゐる現状を思ふ時、電信回線網を整備し、例へば帶域制の如きを設定し、長距離廣範圍の電信系統を1個の系統により統一し、各主要電信局相互間は自動中繼交換法により通信の迅速確實化を計り、而も回線利用能率を極度に高め交換中繼操作を全機械的ならしめて従事員を激減せしむる事が將來必ず必要となるものと思はれる。本交換に關しては既に記載せる特許以上に電信符號變換發射方式(特第143146號)、回路選擇方式(特第142312號)、自動電信用特定信號確認裝置(特第146426號)、選擇機制御裝置(昭16出願)、印刷電信符號による選擇信號方式(昭16, 8出願)尙本装置に應用すべき通信保安設備として、通信保安裝置(實用新案出願 昭14)、機器回路の保安裝置(實用新案出願 昭14)がある。本交換は同じく大橋幹一氏指導下に相島武夫、森國芳兩氏により研究中で試作装置も完成し、目下性能の詳細實驗中である^{(180)~(185)}。本方式を概説すれば、發信局よりの通信は所謂電話の話中狀態無く何時にても發信し得られ、自動交換接続により直接發受兩局間の通

信不能、即ち回線の一部に使用区間ある時は、交換中継局に設備せる受信鑽孔機に一時該通信を蓄積し、中継線又は加入局線の空きたる時は直ちに何等人手を要せず全く自動的に相手局の選擇、通信中繼、復舊と、前に蓄積せる通信を處理し得る本邦獨自のもので、通信距離が長遠となり幾つかの交換中継局を経由するも中継線のビジー区間、局の所在位置に關係なく全動作が自動的なる事が特長である。尙前項漢字電報及び本交換に利用し得る受信鑽孔機(昭 13, 7 特許出願)に就いても研究試作⁽¹⁸⁶⁾(¹⁸⁷)を併行し、更に鑽孔紙を用ひず再生中繼し得る蓄積再生装置を得べく研究を開始し、二元符號蓄積方式として昭和 15 年 3 月特許出願中である。

以上は主要項目のみを記述せるものであるが、その他マージョ測定器(印刷電信受信機マージョ測定法、昭 15, 1 特許出願)の試作等がある。有線電信方式及び機器に關する主なる研究は上記の如くであるが、何分にも當所開設以來 50 年を關し居る業績の事として、この外にも記すべき多くの事項が存在するものと思はるゝが、資料の關係より全部を漏れなく採録し得ず、又限られたる紙面により殆ど項目にのみ止まりし事は遺憾である。

さて終りに臨み、今後吾々の努力すべき研究對象に就き一言せんに、電信技術は舊態を改め、國語談話を超越せる通信の重要部門として再認識せられ、新なる分野を拓きつゝある狀況である。又現下の國情より觀るも有線電信は有事の際特にその使命を重視せらるゝものにして、世界に於て僅か 2~3 の國を除き殆ど全部が官營事業なる事を想起すればこの間の消息をよく窺ひ知る事が出来やう。又一方通信連絡及び統制上の點よりも東亞を一體とし指導的立場を與へられて居り、明日の電信を樹立すべき幾多の問題を藏してゐる。その一端に就いては電信技術の諸問題に對し、昭和 13 年に既に發表⁽¹⁸⁸⁾~⁽¹⁹²⁾してゐる。

文 献

- (1) 遞信事業史 3, 464 頁
- (2) 電信協會雜誌 6, 41 (明 26, 6)
- (3) 電信協會雜誌 8, 47 (明 26, 8)
- (4) 淺野應輔: 電信協會雜誌 9 (明 26, 9)
- (5) 遞信事業史 3, 473—475
- (6) 淺野應輔: 電信協會雜誌 46, 1—15 (明 29, 11)
- (7) 電信協會雜誌 54, 24 (明 30, 6)
- (8) 淺野應輔: 電氣通信 2, 6, 85—90 (昭 14, 10)
- (9) 淺野應輔: 電信協會雜誌 1, 30 (明 26, 1)
- (10) 淺野應輔, 川住錠四郎: 電信協會雜誌 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 19, 23 の各號
- (11) 電氣通信號外, 電信七十年技術史編纂資料, 本邦電信史資料第 3 章第 2 節 25 頁(昭 15, 4, 3)
- (12) 遞信年報 (明 26)
- (13) 鈴木壽傳次: 電學誌 12, 141, 233 (明 33, 4)

- (14) 佐藤松太郎: 電信協會雜誌 125, 14—30 (明 33, 5)
- (15) 佐藤松太郎: 電信協會雜誌 126, 28—31 (明 33, 6)
- (16) 川住錠四郎, 宮地岩造, 鈴木重教, 藤村理次: 電信協會雜誌 120 (明 35, 12)
- (17) 川住錠四郎, 伊東敬一, 鈴木壽傳次, 淺岡義彦: 電信協會雜誌 121 (明 36, 1)
- (18) 伊東敬一: 電信協會雜誌 122, 38—40 (明 36, 2)
- (19) 伊東敬一: 電信協會雜誌 137 (明 37, 5)
- (20) 伊東敬一: 電信協會雜誌 150 (明 38, 6)
- (21) 鈴木壽傳次: 電信協會雜誌 166 (明 39, 10)
- (22) 伊東敬一: 電信協會雜誌 168 (明 39, 12)
- (23) 田代 常, 山根幸知, 藤村理次: 電學誌 25, 202, 281 (明 38, 5)
- (24) 菊井春三郎, 山根幸知, 淺岡義彦: 電學誌 19, 219, 645 (明 39, 10)
- (25) 松本頌雄: 電學誌 20, 222, 55 (明 40, 1)
- (26) 電試研 2 (明 40, 4)
- (27) 伊東敬一: 電信協會雜誌 178, 58—62 (明 40, 10)
- (28) 根岸 薫: 電信協會雜誌 184, 34—37 (明 41, 4)
- (29) 鈴木壽傳次: 電學誌 20, 231, 765 (明 40, 10)
- (30) 鈴木壽傳次: 電學誌 21, 245, 891 (明 41, 12)
- (31) 伊東敬一: 電信協會雜誌 192 (明 41, 12)
- (32) 鈴木壽傳次, 松本頌雄: 電學誌 22, 254, 601 (明 42, 9)
- (33) 鈴木壽傳次, 松本頌雄: 電學誌 23, 269, 461 (明 43, 12)
- (34) 鈴木壽傳次: 電信電話研究會講演錄 (明 44, 9)
- (35) 淺岡義彦, 上田徳太郎: 電試二部研究會講演錄 (大 2, 9)
- (36) 根岸 薫: 電試二部研究會講演錄 (大 2, 7)
- (37) 根岸 薫: 電試二部研究會講演錄 (大 2,)
- (38) 根岸 薫: 武中貞津衛: 信話誌 9, 366 (大 7, 9)
- (39) 武中貞津衛: 信話誌 15, 363 (大 8, 9)
- (40) 武中貞津衛: 信話誌 11, 50 (大 8, 1)
- (41) 武中貞津衛: 信話誌 24, 73 (大 10, 3)
- (42) 武中貞津衛: 信話誌 20, 258 (大 9, 7)
- (43) 福田米造, 渡邊儀一郎: 信話誌 103, 1318 (昭 6, 10)
- (44) 堀江貞次郎, 杉浦源兵衛: 電試研 164 (大 15, 2)
- (45) 渡邊儀一郎: 信話誌 137, 541 (昭 9, 8)
- (46) 黒田 農: 電信電話學會第 1 回秋季大會講演豫稿 (昭 10, 11)
- (47) 黒田 農: 高橋啓司: 電試堂 1, 9, 5 (昭 12, 9)
- (48) 松代松之助: 電信協會雜誌 49, 1 (明 30, 1)
- (48') 淺野應輔: 電信協會雜誌 68, 1—9 (明 31, 8)
- (49) 伊東敬一: 電學誌 13, 139, 67 (明 33, 2)
- (50) 鈴木壽傳次: 電學誌 19, 219, 691 (明 39, 10)
- (51) 川住錠四郎: 電信協會雜誌 174 (明 40, 6)
- (52) 川住錠四郎: 電信協會雜誌 181, 21—48 (明 41, 1)
- (53) 馬場長熊: 電試二部研究會講演錄 (大元 10)

- (54) 正木繁次：電試二部研究会講演錄 (大 2, 8)
 (55) 高下和義：信話誌 38, 286 (大 12, 7)
 (56) 武中貞津衛：信話誌 38, 277 (大 12, 7)
 (57) 森本 鋼, 相合孝太郎：電試彙 5, 9, 43 (昭 16, 9)
 (58) 松代松之助：電學誌 5, 49, 90 (明 25, 8)
 (59) 松代松之助：電學誌 5, 52, 318 (明 25, 11)
 (60) 原住治郎：電學誌 6, 58, 222 (明 26, 5)
 (61) 伊東敬一：電信協會雜誌 177 (明 40, 9)
 (62) 武中貞津衛：信話誌 41, 49 (大 13, 1)
 (63) 武中貞津衛：信話誌 10, 473 (大 7, 11)
 (64) 佐藤松太郎：電學誌 5, 46, 350 (明 25, 5)
 (65) 松代松之助：電信協會雜誌 24, 1—4 (明 27, 12)
 (66) 松代松之助：電信協會雜誌 25, 15—20 (明 28, 1)
 (67) 松代松之助：電信協會雜誌 26, 1—2 (明 28, 2)
 (68) 根岸 薫, 松本顯雄：電信協會雜誌 168 (明 39, 12)
 (69) 伊東敬一：電信協會雜誌 173, 18—26 (明 40, 5)
 (70) 根岸 薫：電試二部研究会講演錄 (大 4, 3)
 (71) 根岸 薫：電學誌 28, 321, 273 (大 4, 4)
 (72) 根岸 薫, 石井鐵五郎：電信協會雜誌 205, 3—11 (大 3, 10)
 (73) 石井鐵五郎, 古市高治：電試彙 3, 1, 35 (昭 14, 1)
 (74) 黒田 農, 岩井三郎：電試研 409 (昭 12, 8)
 (75) 黒田 農, 岩井三郎：信話誌 165, 1288 (昭 11, 12)
 (76) 原口猷一：第3回工學大會講演豫稿 (昭 11, 5)
 (77) 武中貞津衛：信話誌 25, 213 (大 10, 5)
 (78) 淺野應輔：電學誌 (明 26,)
 (79) 福田米造：信話誌 126, 883 (昭 8, 9)
 (80) 黒田 農, 渡邊儀一郎, 津島靖行：電試彙 1, 8, 45 (昭 12, 8)
 (81) 黒田 農, 渡邊儀一郎, 津島靖行：電氣通信學會創立 20 周年記念大會講演豫稿 91 (昭 12, 10)
 (82) 相島武夫, 森本 鋼：電氣學會, 電氣通信學會, 照明學會, 紀元 2600 年記念聯合大會講演豫稿 (8) 174 (昭 15, 10)
 (83) 相島武夫, 森本 鋼：電試彙 5, 4, 6 (昭 16, 4)
 (84) 相島武夫, 森本 鋼：電通學誌 217, 211 (昭 16, 4)
 (85) 渡邊儀一郎：信話誌 118, 43 (昭 8, 1)
 (86) 高橋馨司, 田中正次郎：電試彙 2, 6, 48 (昭 13, 6)
 (87) 松代松之助：電信協會雜誌 2 (明 26, 2)
 (88) 黒田 農, 渡邊儀一郎：電試彙 1, 2, 6 (昭 12, 2)
 (89) 古市高治：電試彙 5, 1, 38 (昭 16, 1)
 (90) 黒田 農, 今野 武：電試彙 1, 12, 1 (昭 12, 12)
 (91) 松代松之助：電學誌 10, 106, 265 (明 30, 5)
 (92) 松代松之助：電學誌 10, 109, 487 (明 30, 8)

- (93) 松代松之助：電學誌 10, 113, 715 (明 30, 12)
 (94) 黒田 農, 高橋馨司, 八木靖行：信話誌 152, 892 (昭 10, 11)
 (95) 黒田 農, 高橋馨司：信話誌 165, 1290 (昭 11, 12)
 (96) 黒田 農, 高橋馨司, 新井才次郎：電試研 405 (昭 12, 4)
 (97) 黒田 農, 高橋馨司, 津島清行：電通學誌 168, 316 (昭 12, 3)
 (98) 川住錠四郎：電信協會雜誌 188, 3—30 (明 41, 8)
 (99) 根岸 薫：電試二部研究会講演錄 (明 44, 11)
 (100) 川住錠四郎：電信協會雜誌 195, 2—24 (明 44, 12)
 (101) 根岸 薫：電信電話研究会講演錄 (大 4, 3)
 (102) 武中貞津衛, 高下和義：電試調 1 (大 10, 3)
 (103) 武中貞津衛：信話誌 49, 245 (大 14, 5)
 (104) 梶 正明：電試彙 1, 8, 40 (昭 12, 8)
 (105) 大槻正治, 津島清行, 稻垣光三郎：電試彙 4, 1, 18 (昭 15, 1)
 (106) 梶 正明：電氣學會, 電氣通信學會, 照明學會紀元 2600 年記念聯合大會講演豫稿 (8) 172 (昭 15, 10)
 (107) 梶 正明：電試彙 4, 12, 4 (昭 15, 12)
 (108) 梶 正明：電通學誌 215, 166 (昭 16, 2)
 (109) *鳥海 登, *石井隆一, 梶 正明, 稻垣光三郎：電通學誌 198, 491 (昭 14, 9)
 (110) 梶 正明, 稻垣光三郎：電試彙 3, 11, 22 (昭 14, 11)
 (111) 黒田 農, 相島武夫, 今井賢一郎：電試彙 2, 5, 39 (昭 13, 5)
 (112) 梶 正明：電通學誌 203, 136 (昭 15, 2)
 (113) 梶 正明, 稻垣光三郎, 佐藤忠次：電試彙 4, 2, 21 (昭 15, 2)
 (114) 電信協會雜誌 69 (明 31, 9)
 (115) 松代松之助：電信協會雜誌 138, 17 (明 37, 6)
 (116) 電信電話技術心得第 32 號電信機械裝置心得, 逓信省工務局 (大 15, 3, 31)
 (117) 鈴木壽傳次：電學誌 15, 165, 213 (明 35, 4)
 (118) 鈴木壽傳次：電信電話研究会講演錄 (明 45, 6)
 (119) 鈴木壽傳次：電學誌 26, 295, 147 (大 2, 2)
 (120) 鈴木壽傳次：電試二部研究会講演錄 (大元, 10)
 (121) 馬場辰熊：電試二部研究会講演錄 (大 2, 5)
 (122) 鈴木壽傳次, 宮村雄介：電試二部研究会講演錄 (大 2,)
 (123) 電氣學會, 電信電話學會：誘導障害防止研究委員會第 1 回調査報告
 (124) 電氣學會第 2 回調査報告：信話誌 101 (昭 6, 8)
 (125) 電氣學會第 3 回調査報告：信話誌 114 (昭 7, 9)
 (126) 昭和 10 年度電氣通信技術委員會調査研究紀要第 2 號 211 逓信省 (昭 12, 12, 27)
 (127) 高橋馨司：信話誌 59, 130 (昭 2, 1)
 (128) 相島武夫, 森本 鋼：電試彙 3, 12, 1 (昭 14, 12)
 (129) 高橋馨司, 淺羽效二, 相合孝太郎：電試彙 2, 10, 1 (昭 13, 10)
 (130) 淺羽效二, 竹中誠二：電試彙 4, 4, 15 (昭 15, 4)
 (131) 松代松之助：電學誌 6, 54, 26 (明 26, 1)
 (132) 松代松之助：電學誌 7, 77, 266 (明 27, 12)

- (133) 松代秋之助：電學誌 17, 188, 191 (明 37, 3)
- (134) 電信電話技術心得第2號電信用地中導體埋設心得：逓信省工務局 (大 14, 7)
- (135) 鈴木壽傳次：電學誌 16, 181, 617 (明 36, 8)
- (136) 鈴木壽傳次：電學誌 17, 190, 373 (明 37, 5)
- (137) 鈴木壽傳次：電學誌 17, 195, 723 (明 37, 10)
- (138) 鈴木壽傳次：電信協會雜誌 182, 19—29 (明 41, 2)
- (139) 鈴木壽傳次：電信協會雜誌 159, 48 (明 39, 3)
- (140) 相島武夫, 高橋歳一郎, 森本 綱：電試堂 5, 5, 13 (昭 16, 5)
- (141) 相島武夫, 高橋歳一郎, 森本 綱：電通學誌 219, 356 (昭 16, 6)
- (142) 相島武夫, 高橋歳一郎, 森本 綱：電試堂 5, 7, 2 (昭 16, 7)
- (143) 川住錠四郎：電信協會雜誌 197, 26 (大元, 9)
- (144) 川住錠四郎：電信協會雜誌 195, 25—31 (明 44, 12)
- (145) 伊東敬一：電信協會雜誌 190, 36—42 (明 41, 10)
- (146) 伊東敬一：電信協會雜誌 191, 33—51 (明 41, 11)
- (147) 川住錠四郎：電信電話研究会講演録 (明 44, 12)
- (148) 川住錠四郎：電信電話研究会講演録 (明 45, 6)
- (149) 鈴木壽傳次, 淺沼六三郎：電信協會雜誌 128, 28—34 (明 33, 8)
- (150) 宮部壽和：電氣通信 2, 6, 72—76 (昭 14, 10)
- (151) 上田 豊：電氣の友 340 (大 2,)
- (152) 上田 豊：電氣の友 341 (大 2,)
- (153) 川住錠四郎：電信電話研究会講演録 (大 3, 11)
- (154) 上田 豊：電信電話研究会講演録 (大 4, 4)
- (155) 川住錠四郎：電信電話研究会講演録 (明 44, 5)
- (156) 川住錠四郎：電信電話研究会講演録 (明 44, 8)
- (157) 佐藤松太郎：電信協會雜誌 41, 14—15 (明 29, 5)
- (158) 佐藤松太郎：電學誌 5, 53, 395 (明 25, 12)
- (159) 鈴木壽傳次, 藤村理次：電學誌 18, 209, 951 (明 38, 12)
- (160) 鈴木壽傳次：電學誌 13, 148, 833 (明 33, 11)
- (161) 吉田五郎, 平林初雄, 北爪英治：電氣通信學會第4回秋季大會講演豫稿 47 (昭 13, 10)
- (162) 吉田五郎, 平林初雄, 北爪英治：電試堂 2, 9, 5 (昭 13, 9)
- (163) 吉田五郎, 平林初雄, 北爪英治：電試堂 2, 11, 7 (昭 13, 11)
- (164) 吉田五郎, 平林初雄, 北爪英治：電試堂 2, 12, 9 (昭 13, 12)
- (165) 吉田五郎, 北爪英治：三學會第14回聯合大會講演豫稿 150 (昭 14, 4)
- (166) 吉田五郎, 北爪英治：第4回日本工學大會電氣部會講演豫稿 195 (昭 15, 4)
- (167) *鳥海 登, 梶 正明：第15回聯合大會講演豫稿 161 (昭 14, 11)
- (168) 梶 正明, 稻垣光三郎, 相合孝太郎, 佐藤忠次：電試堂 5, 2, 16 (昭 16, 2)
- (169) 梶 正明, 佐藤忠次：電試堂 5, 3, 11 (昭 16, 3)
- (170) 梶 正明, 稻垣光三郎, 米田好男：電試堂 4, 4, 2 (昭 15, 4)
- (171) 梶 正明, 羽生龍郎：電試堂 2, 12, 3 (昭 13, 12)
- (172) 鈴木重夫：電信電話學會第1回秋季大會講演豫稿 14 (昭 10, 10)
- (173) 鈴木重夫：電氣通信學會創立 20 周年記念大會講演豫稿 151 (昭 12, 10)

- (174) 奥野治雄, 杉本伊三巳：電試堂 2, 12, 24 (昭 13, 12)
- (175) 大橋幹一, 奥野治雄, 神下金太郎：電氣通信學會第4回秋季大會講演豫稿 50 (昭 13, 10)
- (176) 大橋幹一, 奥野治雄, 神下金太郎：三學會第15回聯合大會講演豫稿 226 (昭 14, 11)
- (177) 奥野治雄, 木練清藏, 本郷杉太郎：電試堂 4, 3, 10 (昭 15, 3)
- (178) 奥野治雄, 津田克藏：第4回日本工學大會電氣部會 69 (昭 15, 4)
- (179) 奥野治雄, 神下金太郎：三學會第17回聯合大會講演豫稿 208 (昭 15, 10)
- (180) 相島武夫, 森 國芳；三學會第14回聯合大會講演豫稿 153 (昭 14, 4)
- (181) 相島武夫, 森 國芳, 森本 綱, 古川政吾：電試堂 3, 10, 3 (昭 14, 10)
- (182) 相島武夫, 森 國芳：電試堂 4, 1, 16 (昭 15, 1)
- (183) 相島武夫, 森 國芳：電通學誌 208, 447 (昭 15, 7)
- (184) 相島武夫, 森 國芳；森本 綱, 樋口榮一：電試堂 4, 7, 11 (昭 15, 7)
- (185) 相島武夫, 森 國芳, 樋口榮一：電試堂 5, 4, 14 (昭 16, 4)
- (186) 梶 正明：電通學誌 188, 629 (昭 13, 12)
- (187) 梶 正明, 稻垣光三郎, 佐藤忠次：電試堂 2, 12, 27 (昭 13, 12)
- (188) *鳥海 登, 相島武夫, *酒井尙志, 梶 正明：電氣通信學會第4回秋季大會講演豫稿 46 (昭 13, 10)
- (189) 大橋幹一：電氣評論 28 (昭 15,)
- (190) 大橋幹一：ラジオの日本 31, 4, 1—14 (昭 15, 10)
- (191) 大橋幹一：逓信協會雜誌 392, 2—15 (昭 16, 4)
- (192) 大橋幹一：電通學誌 213, 679—686 (昭 15, 12)
- (* 印は本省工務局員)

第3節 電話傳送方式及び装置

1. 緒 言

本節に於ては電話傳送方式並に装置の研究に關し、先づその歴史的經過に就いて、(1) 電話中繼器の研究、(2) 裝荷線輪及び中繼線輪の研究、(3) 長距離電話線その他に關する研究、(4) 搬送通信の研究の四項に分けて記述し、最後に比較的最近の研究成果を取纏めて報告する。

2. 歴史的經過

(1) 電話中繼器の研究 電氣試験所に於ける電話中繼器の研究は初期の機械的所謂送受話器型中繼器の實用された時代より始められてゐる⁽¹⁾。當時米國のウェスタン電氣會社製の1號 A 電話中繼器と稱する装置が良好なる成績を得てゐると聞くや、利根川守三郎氏は早速これを購入して中村精次郎氏等と共に東京・大阪間 200 磅線(名古屋にて中繼)及び東京・長崎線(大阪にて中繼)に挿入して明治 42 年 11 月我が國最初の中繼器試験を行つたのである。この中繼器は所謂 2—1 型に屬するものであるが、挿入に依り少くとも

標準ケーブルにて 10 哩以上の利得が得られたやうであつて、實地試験の後その儘相當期間實際に使用せられた。當時の研究調査の状況を偲ぶよすがとして中村精次郎氏報告の結論の一端を摘記して見る。

「本装置に於て要望される事項は (1) 中繼器の感度良好にして通話の明瞭なること、(2) 回線の動作充分確實にして容易にシンギング等を発生せざる事等にありて現今に在ては前者よりも後者は最も困難なる問題に屬し假令中繼器感度をして現在の儘ならしむるも之をして彼の電信回線に繼電器を使用するが如く任意の回線に之を使用し毫も支障なき接続法あらしめば其の利益する所頗る大なるものある可し。ローディング、コイルの使用は電話音の性質を改善し通話程度を向上し確實なる通話を與ふべき現今唯一の方法なれども之が實地使用上に於ける難易を中繼器の夫れと比較する時は其の差雲泥も當ならず、若し夫れ有效確實なる動作を與ふべき中繼器及びこれが装置回線の發明せらるゝならば電話技術界に於ける一大發明と稱するを得べく市外電話の發展に對し一新紀元を劃するものなりと云ふも過言に非ずと信ずるなり」と。

その後ドフォーレーに依り 1907 年(明治 40 年)三極真空管の發明ありと聞くや、機械的中繼器を放擲してこれを中繼器に用ふべく逸早く着目し、堀江貞次郎氏⁽²⁾が専心之が研究に當り、大正 5 年電氣試験所製及びドフォーレー會社製の當時オージオンと稱した真空管を以て約 10 哩の通話利得のある一真空管二方向(2-1 型)中繼器を完成し(特許第 35958 號)、大正 6 年 2 月大阪局に紐回路中繼器として設置し、東京・福岡間の電話回線に挿入して試験を行つてゐる。試験成績に依れば通話利得の點は機械的中繼器と大體差異無きも明瞭度の點に於て勝ると報告されてゐる。たゞ併し真空管の性質悪くグローの發生、短壽命には相當なやまされ続けたものゝやうである。その後尙これに改良を加へて、大正 7 年 1 月以降東京より九州方面電話回線に挿入されて長く實用に供され、やがてウェスタン電氣會社の 2-2 型中繼器に置き代へられる迄(大正 11 年迄)使用されてゐた。兎も角も當時米國に於ける中繼器の研究とは全く離れて獨創的に堀江貞次郎氏に依りこれ等の貴重な研究が爲されたる點たゞ敬服の外はない。

中繼器自體の研究は以上で打切られてその後は殆ど無かつたやうであるが、昭和 4 年に至つて吉田小太郎氏⁽³⁾が附屬装置に就いて研究してゐる。即ち現用のウェスタン會社式紐回路電話中繼装置に用ひられてゐる真空管纖維電流自動調整装置の簡單化を計るため、主回路の繼電器の使用數を半減し而も動作は全く現用のものと同一である如き改良案につき試作發表してゐる。又昭和 5 年にも同氏はこの年江尻及び龜山中繼所に設備されたパイロットワイヤー式通話自動調整装置の試験成績に就いて詳細に検討報告⁽⁴⁾してゐる。

更に昭和 10 年には吉田小太郎、高橋歳一郎兩氏⁽⁵⁾共同にて長距離電話ケーブル回線に用ひられる交換手打合用高周波電信装置の受信装置として設計した比較的簡單なる檢波装

置並にこれを應用せる高周波信號器に就いて試作實驗發表してゐる。

(2) 裝荷線輪及び中繼線輪 裝荷線輪は 1899 年(明治 32 年)米國のビュピンの發明に係り、米國に於ては直ちに實施せられるに至つたが、我が國では大分遅れて大正 9 年(1920 年)に東京・名古屋間 395 軒の架空電話線に裝荷線輪が初めて挿入されたのであるが、この調査實驗に我が試験所の堀江貞次郎、戸谷二郎、杉浦源兵衛の 3 氏⁽⁶⁾⁽⁷⁾が當つてゐる。これは架空 200 磅銅線回路にウェスタン會社製の第 550 號線輪と稱する實回線用架空重裝荷線輪(65 mH)を 8 哩間隔に挿入せるものであつて、これに依り通話能率の改善度は 200 磅線を以て 400 磅線と同等の通話を與へ得べき結果となつたと報告されてゐる。尙これに附隨して回路の交叉方法、碍子の絶縁、避雷器、腕木間隔等の漏話及び通話損に對する影響に就いて詳細に實驗されてゐる。

上に關して堀江貞次郎氏の次の如き面白い述懐がある。「今より思へば全く恥しき次第であるが濾波器の原理が分らなかつた時代で、通話の明瞭度が裝荷線輪の挿入に依つて改善せらるゝことゝ思つてゐたのが實驗の結果は却つて悪くなり意外であつた」と。

堀江貞次郎氏⁽⁸⁾はその後大正 12 年(1923 年)に海底線用平等裝荷ケーブル電線に關し改良を計るため數種の銅線上に鐵線を巻回せるピースを試作して、これ等のインダクタンス及び抵抗を測定して鐵線の太さ、巻回数と實効抵抗の關係、減衰定數、溫度に對する實効抵抗の變化、直流重疊による影響その他に就き詳細に實驗研究を行つてゐる。

又大正 13 年に至つては吉田小太郎及び山崎繁太郎兩氏⁽⁹⁾が裝荷線輪のインダクタンスの周波數特性が巻線間及びスタッフケーブルの容電量に影響されることを指摘し、その程度に就いて實驗調査し成績を報告してゐる。

その後昭和 9 年に至り、これは研究の發表ではないが我が國の裝荷線輪の國産化の狀況に就いて、小川一清氏⁽¹⁰⁾が信話誌の國産製品特輯號に載せてゐる。これにより磁性材料を除いては、我が國に於て大正 14 年(1925 年)より國産化された經緯が明らかにされてゐる。

次に中繼線輪の研究に就いて述べれば、先づ最初に目に付くのは上田徳太郎氏の實驗の報告である⁽¹¹⁾。これは米國に於ける重信回線の好成績に刺戟され、我が國の重信回線の不成績は中繼線輪の故ならんと着目し、平衡度の良好なる中繼線輪を得べく試作實驗せる報告であつて、當時(明治 40 年頃)は米國には既にあつたに拘らず未だ我が國ではトロイダル型鐵心の巻線機の得られざる時代で、8 號型中繼線輪(EI 型)鐵心に就いて種々改良を行つたやうである。而して中繼線輪自體の平衡度はこれにより相當改善されたやうであるが、東京・横濱間電話回線を以て行つた現場實驗に於ては、線路の不均衡の爲これを用

ひても尙且漏話に關して何等得る所が無かつたと記されてゐるには微笑を禁じ得ないものがある。

次に大正8年には堀江貞次郎氏⁽¹²⁾の實驗研究が發表され、これには8號 TA 中繼線輪より優秀なものを得べく試作の結果、厚さ 0.44 mm のスタロイ薄鐵心を用ひた重信用中繼線輪が通話能率、信號能率共にかなり良好なりと報告されてゐる。

昭和5年には吉田小太郎氏⁽¹³⁾が共電式電話交換機の接續紐回路に使用せられる25號 A 中繼線輪に就いて導體抵抗、絶縁抵抗、インピーダンス及び傳送損失が温度、湿度及び重疊直流に依つて及ぼされる影響に就いて詳細に調査してゐる。

(3) 長距離電話線その他 明治38年田代常、山根幸知、藤村理次の3氏⁽¹⁴⁾に依る東京・佐世保間長距離電話試験成績の發表が回線に關する最初のものである。これは同年竣成開通した東京・佐世保間938哩の長距離架空裸線電話回線の報告であつて、電線には8番硬銅線を用ひ、當時としては米國のニューヨーク、シカゴ線955哩に次ぐ世界屈指のものであつた。

大正3年利根川守三郎、中村精次郎、野崎與吉の3氏⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾は鐵道事業、電力事業に用ひられる専用電話線の使用が漸次増加するに鑑み、これが設計に對する基礎的條項を明らかにする必要を感じ、各種線路長に應じ並列に接續し得べき電話機數を定める圖表を與へてゐる。

降つて大正9年には電話鉛被紙ケーブルの絶縁紙性能の温度に依る影響に就いて各種試料を以つて綿密なる實驗調査を小川一清、荒川利雄、吉田小太郎の3氏⁽¹⁷⁾が行つて發表してゐる。

翌大正10年には又荒川利雄、吉田小太郎兩氏⁽¹⁸⁾に依り電話信號用交流の性質を明らかにするため、磁石發電機、自動變極器並に信號用交流發電機の交流の波形、表示器動作特性、線路に於ける減衰特性に就いて實驗し報告してゐる。

次に昭和年代に移れば、先づ堀江貞次郎氏⁽¹⁹⁾が局内装置の通話損が回線のインピーダンスに左右される關係を述べ、3號 A 通話能率測定器を以て回線に直列に又並列に接續される局内各種機器の通話損を實測し昭和2年7月に報告してゐる。

次に昭和11年に吉田五郎、高橋歳一郎兩氏⁽²⁰⁾に依り架空電話線が近接せる電力線等より常時誘導妨害を受けて、雑音による通話品質の低下を招來する如き場合に、電話電流壓縮伸長器を用ひてその悪影響を防止すべく研究し、廣範圍に亘り直線的壓縮及び伸長作用を營ましめ得る酸化銅整流器を利用した極めて優秀なる装置を試作發表してゐる。又同時に回線中に生ずる真空管の非直線歪が通話明瞭度に影響する程度を歪發生装置を用ひ

て定量的に研究せる結果を報告してゐる。これは外國語に就いては同種の研究も發表されてゐるが、日本語に關するものとしては最初のデータであらう。尙同年吉田五郎、平林初雄の兩氏⁽²¹⁾は回線の通話レベル測定乃至監視用として入力回路に酸化銅整流器を組合せた可變損失網を挿入し、これ等に通ずる信號電流の一部を整流せる直流の大いさ並に方向を巧みに制御して測定範圍約55デシベルの廣範圍直讀レベル計を考案試作してゐる。

尙以上の外長距離通信線に關する理論的研究を小川一清氏が行つた報告が相當多數あるが、此處では記述せず全部本章第1節に譲つてゐる。

(4) 搬送通信 電氣試驗所創設以來有線通信に關して世界にさきがけて行つた最大業績の一は電力線搬送電話の發明であると云つても過言ではあるまい。

これは大正6年(1917年)鳥潟右一氏が考案し、北村政次郎、津守英五郎、丸毛登、堀江貞次郎の諸氏⁽²²⁾~⁽²⁵⁾の共同研究にかゝるものであつて、無線電話の同時送受話方式の成功が根本となつて、これを當時より數年前米國のスクェア氏により目論まれたが實用せられる迄に至らずして止んでゐた有線回線を高周波に依り多重に利用せんとする考案に結びつけて、無線回路を有線回路に置き代へて上記無線電話方式を適用して多重電話回線を構成せんとする着想に始つたのである。初め擬似電話回線に依る實驗は成績が良好であつたが、現場實驗の結果は東京・大阪間で架空裸線を用ひて行つて明瞭度等の點で餘り香ばしく無く遂に實用に至らずして終つた。一方搬送多重電信を行はんとする考へも同時に進められ、この方は完全に成功して大正8年(1919年)東京・大阪、東京・横濱、大阪・神戸間に1回線宛實施せられた。これも恐らく我が國搬送電信實施の濫觴であらう。その後幾何もなくこの考へを又送電線に應用したならば頗る經濟的にして而も添架電話線に比し障碍少き保安用として好適な電話回線を構成し得られるならんと結論に到達し、大正7年鬼怒川水力送電線に於て實驗した結果は豫想通り好成绩であつたのである。依つて大正9年には上記送電線の下瀧發電所と東京變電所125軒間に實施し、又翌年には宇治川電氣の送電線にも設置された。唯實施に當つて最も困難を感じたと思はれる點は、耐電壓の高い送電線と搬送電話装置との結合蓄電器の製作にあつたやうである。蓄電器としては隔離板に硝子板を以てした油入蓄電器を用ひたやうであつて、價格は搬送電話装置自體と同額若くはそれ以上であつたらしい。

この電力線搬送電話の發明こそは世界に誇るべきものであつて、暫く遅れて米國でもこの種高周波式電話の應用が行はれてゐるが、これが考案と實用とは本邦に於けるものを以つて嚆矢とする、と云ふことは1921年米國 AIEE にスクェア氏が高周波式通信は米國の外日本及び獨逸に進歩し、特にこれを送電線に應用したのは日本のみであると講演し

たことに見ても明らかである。

斯くの如くして、この電力線搬送電話方式は所謂通信省式としてその後広く一般に利用せられ現在に至つてゐるのである。唯通信線への重疊方法の研究が遅々として進まず、遂に歐米諸國に先んぜられてしまつたことは今更惜しみても餘りあることである。尙附加へて置きたいことはこの當時に既に共同搬送波電話方式の考へも思ひ付かれてゐたことが記録に明らかであることであつて、現今漸く經濟的短距離通信法としてその必要性が認められて追々に着手せられつゝある實情に鑑みる時、我々はこれ等先輩諸氏の慧眼に對して全く感服の外はないのである。

これより後は試験所に於ける搬送電話に関する研究は絶えて無く、昭和 10 年に至つて漸く復活してゐる。昭和 10 年 11 月關雅雄氏⁽²⁶⁾はこの頃真空管變調器に代つて簡易且好能率の酸化銅リング變調器に就いて研究し、その方向性なきを利用して唯 1 個の搬送波を用ひ、その上部側帯波と下部側帯波とを送受信に使ひ分けて 3 巻線變成器を必要とせず、帯域濾波器を以てこれに代へた搬送電話方式を考案し發表してゐる。(特許第 116936 號)

又翌昭和 11 年には關雅雄、福永士郎、北爪英治の 3 氏⁽²⁷⁾に依つて組立てに從來のパネル型を廢して函型として各部を統一し極めて小型となし、又エリミネーター電源を採用せる斬新なる 2 通話路搬送電話装置が試作せられ報告されてゐる。

これと時を同じうして吉田五郎、平林初雄兩氏⁽²⁸⁾は無裝荷ケーブル搬送多重電話方式が漸く盛んになり、共通増幅器の過負荷等による非直線歪に基づく漏話の問題が喧しく云々されるに對應して、これを救済すべき一方式としてリング變調器に音聲の包絡線に相當する直流を重疊して變調作用と同時に壓縮作用を營ましめやうとする壓縮變調器の提案を爲してゐる。以上は大體昭和 12 年頃迄の研究經過である。

3. 現 況

最近に於ける研究は我が日本が東亞共榮圈の建設と共にその盟主として指導權把握の爲に必須條件の一たる東亞通信網確立擴充の大目的に副つて一路邁進すべく、これに最も適切なる多重通信並にその關聯事項の研究に集中し日々眞摯なる努力が續けられてゐる。搬送多重電信方式、特殊通話方式、秘密電話方式、高周波變調方式、廣帯域増幅器、水晶濾波器、高周波用測定器等が研究對象の主なるものであつて、これ等の中には既に所期の目的達成の域に近づきたるものもあり、又未だその緒についた許りと云ふべきものもあるが、茲には今迄報告されてゐる成果の範圍に於いて簡単に記述する。

先づ第一に指を屈すべきは大橋幹一氏の提唱にかゝり昭和 13 年以來吉田五郎、平林初雄、北爪英治の 3 氏^{(29)~(32)}に依つて發展せられた位相辨別式多重搬送電信方式であらう。

この電信方式は互に 90 度の位相差を有する同一の搬送波を使用して同時に 2 通信路を獲得せんとするものであつて、換言すれば普通の方式にては 12 乃至 18 通信路を得られる音聲周波帯域内に倍數の 24 乃至 36 通信路を得んとする劃期的なる經濟電信方式である。本電信法には幾多の特徴があるが、その主なる點を列舉すれば、(1) 電信電流は零周波若くはこれに近き周波を多分に含むが故に、單側帯波を得ることが困難のため普通搬送波傳送方式が採用せられるに對して、これは未だ何處にも曾て無き搬送波阻止方式を採用したること、(2) 通信路分離用送受信帯域濾波器を全く廢してこれに代へるに構造簡單にして然も整一なる低域濾波器を以てせること、(3) 回線の位相歪並に溫度變化等に基づく送受信各搬送波の同期外れを避けるため高低 2 種のパイロット周波電流を傳送して受信装置の搬送波發生装置を制御し極めて巧みに位相差完全に送信側搬送波に追従同期せしめたこと等である。而してこの方式に就いては既に理論的に各方面より検討し盡され、又同時にこれ等が着々實驗に依つて裏付けされて殆ど完成の域に達してゐることは誠に欣快に堪へない。一部假現場實驗も東京・大阪間折返し 1,160 軒輕裝荷電話回線その他を使用して行ひ好成绩を得てゐるのであるが、残念ながら目下非常時局に際會して試作材料の入手思ふに任せず、最終の綜合的現場實驗を行ふ迄に至つてゐないのである。然し遠からず實現の運びに至るものと信ずる。

次に特殊通話方式の研究として吉田五郎、平林初雄、北爪英治の 3 氏⁽³³⁾は又リング變調器とリング復調器を直接縱續接続して入力信號を一旦變調の後又直ちに復調して元に戻すその間に於いて、變調並に復調として供給する各搬送波相互の位相差を音聲の包絡線に従つて適當に變化せしめて全回路の入力損失特性を制御し、大振幅の入力を制限し又小振幅の入力を抑壓して通信路に於ける過負荷並に雜音防害を防がんとする所謂振幅濾波器の一方式に就き考案實驗してゐる。

又中村顯一氏⁽³⁴⁾は微少蓄電器を圓板の周圍に多數取付け、これを高速度に回轉しつゝ蓄電器を充電並に放電兩刷子を以て音聲電壓を充放電せしめる機構に於いて、兩刷子の距離を適當にして最大 40 ミリ秒位の範圍で任意の遅延時間が得られる異色ある音聲遅延装置を實驗報告してゐる。

通話方式に關聯して平野善勝氏⁽³⁵⁾は 1,000 サイクル交流を 20 サイクル交流を以て斷續する電話信號方式の電源として多極真空管唯 1 個を用ひて斯くの如き信號波を容易に發生し得られる構造簡單なる信號電源を試作してゐる。

更に吉田五郎、松崎武夫の兩氏⁽³⁶⁾は無線通信に於ける周波帯縮少或は多重通信に於ける通信路數の増大等の對策の一方法として、音聲周波帯域を高低の周波帯域に 2 分して、

その低域部を壓縮して後兩者を同一周波帯に持來して送信し、受信部に於いてはこれを又適當に周波帯を擴大且伸長せしめて元に戻す方式の明瞭度の失はれること少なき狹帯域通信法を提案してゐる。

搬送電話の變調方式に關聯しては平林初雄、北爪英治、柿谷英太郎の3氏⁽³⁷⁾が共同にて高周波用酸化銅リング變調器に就いて屢々問題となる搬送波漏洩量の減少方法につき實驗し、極めて簡易且有效なる抵抗と微小蓄電器を用ふる平衡方法を發表してゐる。尙同時に濾波器等の損失特性測定に便利な廣測定範圍を有するレベル自記計を試作してゐる⁽⁴⁴⁾。

又平林初雄氏⁽³⁸⁾⁽³⁹⁾は高周波多重搬送電話方式に採用さるべき群變調方式にリング變調器と平衡型真空管變調器を使用する場合に就いて、その適應性に關し變調歪並に能率の點から定量的に實驗検討してゐる。

染谷勳氏⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾は群變調方式の一方法として二重平衡型の比較的直線性の高い抑制格子變調法を考案し實驗してゐるが、その後も尙引續いて變調歪の研究を爲し、負饋還増幅器に於ける歪改善と同様の意圖の下に、直線性の高い直線的檢波器を用ひて周波數變換を行つて、負饋還せんとする整流負饋還變調器又變調器の出力側に側波と共に現れる信號波成分を抽出して、この信號波の歪と側波の歪とは一定の比例的關係あることからこれを入力側に負饋還して變調歪を改善せんとする信號波負饋還變調器に就いて實驗並に理論的考察を行つてゐる⁽⁴²⁾。

廣帯域増幅器に關聯する研究として石川武二、新井次郎の兩氏⁽⁴³⁾が負饋還増幅器の理論上は兎も角も、實際の設計製作に當つて殆ど算定不可能に近き還送率の測定法として簡單便利なるブラウン管に依り、還送率の周波數に對する軌跡を描かしめる直視方式を提案し、これに種々改良を加へて極めて廣帯域即ち50サイクル乃至0.5メガサイクル用のものを發表してゐる。未だ試作の域を出でないが、實用される曉には獨り饋還増幅器のみならず多方面に應用の可能性のあるものと期待されてゐる。

以上記述の外極く最近には先の位相辨別多重電信方式の搬送波同期方式に關し飛躍的發展が遂げられ、又溫度係數零なる塞流線輪、蓄電器、非直線歪測定の斬新なる一方式の實驗研究があり、更に刻下國際間の危機に直面して各國共互に鎬を削りつゝある秘密通信方式に關し極めて優秀なる一方式の完成等幾多の研究があるのであるが、未だ正式には發表されて居らぬので、残念乍ら割愛して置くこととする。

文 献

- (1) 中村精次郎：第二部研究會講演集（明44）
- (2) 堀江貞次郎：電試研 69（大7）；堀江貞次郎：信話誌 28, 407（大10）

- (3) 吉田小太郎：信話誌 76, 776（昭4）
- (4) 吉田小太郎：信話誌 93, 1277（昭5）
- (5) 吉田小太郎、高橋歳一郎：信話誌 142, 688（昭10）
- (6) 堀江貞次郎、戸谷二郎、杉浦源兵衛：電試研 97（大10）
- (7) 堀江貞次郎：信話誌 29, 5（大10）
- (8) 堀江貞次郎、且憲一郎：電試研 131（大12）；信話誌 44, 298（昭13）
- (9) 吉田小太郎、山崎繁太郎：信話誌 49, 205（大14）
- (10) 小川一清：信話誌 141, 787（昭9）
- (11) 利根川守三郎、中村精次郎、上田徳太郎：電試研 2（明44）；上田徳太郎：第二部研究會講演集（明40）
- (12) 堀江貞次郎：信話誌 14, 268（大8）
- (13) 吉田小太郎：信話誌 88, 655（昭5）
- (14) 田代常、山根幸知、藤村理次：電學誌 202, 281（明38）
- (15) 利根川守三郎、中村精次郎、野崎與吉：電試研 2（大3）
- (16) 利根川守三郎、中村精次郎、野崎與吉：電學誌 311, 527（大3）
- (17) 小川一清、荒川利雄、吉田小太郎：電試研 89（大9）
- (18) 荒川利雄、吉田小太郎：信話誌 26, 298（大10）
- (19) 堀江貞次郎：信話誌 62, 564（昭2）
- (20) 吉田五郎、上吉原利平、高橋歳一郎：信話誌 165 第2回秋季大會豫稿 53（昭11）
- (21) 吉田五郎、平林初雄：信話誌 165, 第2回秋季大會豫稿（昭11）
- (22) 鳥潟右一、丸毛 登、菊地泰三：電學誌（大8）
- (23) 鳥潟右一、丸毛 登、菊地泰三：電學誌（大9）
- (24) 北村政次郎：電試研 106（大11）
- (25) 丸毛 登：電試研 136（大13）
- (26) 關 雅雄：信話誌 秋季大會豫稿 103（昭10）
- (27) 關 雅雄、福永士郎、北爪英治：信話誌 534（昭11）
- (28) 吉田五郎、平林初雄：信話誌 第2回秋季大會豫稿 59（昭11）
- (29) 吉田五郎、平林初雄、北爪英治：通信學會秋季大會豫稿 98（昭13）
- (30) 吉田五郎、平林初雄、北爪英治：電試堂 2, 9, 5（昭13）；吉田五郎、平林初雄、北爪英治：電試堂 2, 11, 7（昭13）；吉田五郎、平林初雄、北爪英治：電試堂 2, 12, 9（昭13）
- (31) 吉田五郎、北爪英治：第14回三學會聯合大會豫稿 285（昭14）
- (32) 吉田五郎、北爪英治：第4回工學大會豫稿 有線 5（昭15）
- (33) 吉田五郎、平林初雄、北爪英治：通信學會20周年記念講演會豫稿 1部 44（昭12）
- (34) 中村顯一：通信學會秋季大會豫稿 134（昭13）
- (35) 平野善勝：通信學會20周年記念講演會豫稿 2部 104（昭12）
- (36) 吉田五郎、松崎武夫：通信學會秋季大會豫稿 116（昭13）
- (37) 平林初雄、北爪英治、柿谷英太郎：通信學會秋季大會豫稿 123（昭13）
- (38) 平林初雄：電試堂 3, 6, 10（昭14）
- (39) 平林初雄：第15回三學會聯合大會豫稿 349（昭14）
- (40) 染谷 勳：第15回三學會聯合大會豫稿 264（昭14）
- (41) 染谷 勳：電試堂 3, 6, 3（昭14）

- (42) 染谷 勳：電試彙 4, 6, 417 (昭 15)
 (43) 石川武二, 新井才次郎：通信學會第 4 回工學大會豫稿 69 (昭 15)
 (44) 平林初雄, 楠谷英太郎：通信學會秋季大會豫稿 132 (昭 13)

第 4 節 電 話 交 換

1. 緒 言

我が國電話交換の進歩發達に伴つて本所に於けるこの方面の研究調査の主流も亦これに對應せる變遷をみて居り、大正年代以前に於ては主として手動交換方式に主力が注がれた跡がみられ、明治末期から大正初期にかけて漸次自動交換方式に對する基本的研究調査が現はれはじめ、大正 15 年自動交換方式が我が國に導入せられてよりはこれに對する研究調査に異常なる努力が向けられ、斯界の進展に多大の貢獻をなしてゐることが窺はれる。尤もこの間、電話交換全般に亘る諸問題の考究も多數に行はれてゐることは云ふ迄もない。

2. 手 動 交 換 方 式

先づ年代を追ふて手動交換方式に於ける業務を一瞥するに、繼電器をインダクションコイルに兼用せしめた電話交換用中繼器の研究⁽²⁸⁾、2 人共同加入許容に伴ふこれが技術的調査⁽³¹⁾、共電式細回線にレピーチングコイルを用ふる方式並にレターデーションコイルを用ふる方式の兩者に就いてその通話能率の比較研究⁽³³⁾、同一市内に磁石共電兩方式の局が混在する場合に對する共電式交換細回線の改良⁽³⁴⁾、監査回線の 3 線式を 2 線式とし且磁石共電兩式共通の監査を行ひ得る 監査回線及び 大市外交換機に於て 交換上の便を圖る爲にこれに監視信號を付する設計研究、42 號ジャックよりプラグの脱出する原因を究明しこれに改善を施し、加入者 2,500 人以下の場合に於ける共電式と監視信號付磁石式の經濟上の比較を行ひ、共電式交換局用記録臺に共電式及び磁石式局よりの記録中繼回線を收容する場合中繼線を 2 線式とし使用繼電器數を減少し且磁石共電兩方式に共用し得る記録臺装置、市外中繼回線にテストリレーとして差動巻回の繼電器を使用して自動話中試験する場合の缺點除去の考究等が明治時代に取上げられた手動交換方面に於ける主なる事項である。

この方面の研究は大正年代に於いて最も旺盛であつて、その主なる業務を列挙すれば、磁石式 2 人共同加入線の諸方式に關する比較研究、直列複式交換機市外中繼接続細回線の市外割込通話に對する一方式の提案⁽³⁵⁾、共電式電話回路に 48 ボルトを使用する場合 24

ボルトを使用する場合に對比して通話能率が善良となる程度を數値的に見出し、加入者臺交換手に被監査線なることを察知せしめざる共電並に磁石式兩電話局用監査線装置に關する研究、磁石式 三局連結市外電話線に於て呼出終話兩信號共これを選出的ならしめ得る方式の考究、東京、大阪兩市の市外通話用として 48 ボルトと 24 ボルトとの共電式に就いて經濟上の利害得失を比較し、創設費、年額經費共に 48 ボルト共電式採用の有利なることを認め⁽¹⁾、共電式接続電話に於ける諸種の缺點を除去し轉換器及び發電機の構造を簡單ならしむる考案をなし、共電式市内入中繼接続細回路に關し改良を加へ、共電磁石兩方式を混用する都市に於て對磁石式共電式中繼回路に就いて動作安全にして創設費低廉なる方式を研究し、磁石式並列交換機局に通話度數を採用し得べき局内装置に就いて考究を行ひ、又共電式 2 人共同加入線に於ても 甲乙個別に度數登算をなす回路を設計し⁽³⁸⁾、2 個の押釦の操作による特殊の自復表示器の考案、市外臺より市外中繼臺に至る呼出信號装置に於て接続せらるべき回線が磁石式なると共電式なるとにより自動的に選別動作する如く繼電器の組合せを異らしめ以てこれに適應する信號回路を形成せしむる電話交換用呼出信號装置の發明、逓信省標準形として採用せられた單式交換機加入者線用ジャック及び小市外交換機市外線用ジャックの考案、繼電器のみによる回線自動選擇装置を考案しこれを交換手命令線及び多回線式電話交換監査回線装置に應用し、短距離にして多數の市外線を有し指定線式を採用しつゝある場合の直流信號装置に關する實驗を行ひ、共電式市内入中繼回路に於て繼電器 1 個の節約を圖り又トリッピングリレーとして普通の繼電器を用ひ得る如き改良、磁石加入者電話機に増設受話器を増設する場合これを本受話器と直列及び並列接続の優劣の比較を行ひ並列接続の有利なることを明らかにし⁽³⁹⁾、自動聽話及び自動信號法を應用せる共電式加入者臺接続細回路に就き研究し動作善良なる装置を案出、代表番號加入者の呼出にロータリースイッチを使用し自動的に空回線選擇を行ひ交換手の手數を輕減する呼出信號装置の研究、共電式加入者回線のラインリレー及びカットオフリレーを結合し 1 個の繼電器となせる装置の設計、4 本の線を用ひて多數の加入者回線の監査を行ふべき線路費及び機械費の節約をなし得る多線式電話監査線装置の發明、シーメンス式自動電話交換機に適應すべき市外臺接続細回路及びこれに附隨するレピータの設計研究、共電式接続細回路に自動式同様監視信號繼電器を塞流線輪として使用する考究、手動自動共用の 1 號大市外交換機接続細回路の設計、自動局の開局に伴ふ手動共電式加入者臺に設備すべきダイヤル回路の考究等であつて、何れも良好なる研究結果若くは有益なる調査成績を提示してゐる。

昭和年代に入つては急速なる自動電話交換方式の採用と他方手動交換技術が殆ど完成の

域に達したることゝが相俟つて、手動交換関係より取材せられる研究調査は漸次低減してゐるが、共電式所屬の磁石式私設電話に於いて局線と通話中の私設電話機より私設交換手を呼出す一方式の提案⁽⁵⁴⁾ などがあつた。又近年に至つて一電話回線を多數の加入者に共用せしめ線路創設費の低減を計り、村落地域等に於ける電話の普及發達に資する爲の共電式局用集團加入電話の研究^{(63) (65) (73)} があり完成の域に達してゐる。

3. 自動交換方式

大正 12 年關東大震災により東京及び横濱に於ける電話施設の多くは灰燼に歸し、電話局の復興には自動式電話交換が採用せらるゝことに決し、同 15 年 1 月ストロージャー式交換局として東京京橋及び本所分局、シーメンスハルスケ式交換局として横濱本局が開局せられた。

本所に於てはこれより先、遠くは明治末期から大正初期にかけて既に自動電話交換の基本的研究調査が開始せられて居り^{(2) (36) (37)}、自動交換方式の採用決定によりこの方面に對する研究調査は愈々促進せられ、且は工務局依頼の諸問題も相當多數に上り、自動交換方式の採用並に進展の上に多大の貢献をなしたるものと信ずる。

次にこれが研究調査の成果及び状況を概述するに、自動局開局前數年に亘る期間にありては我が國に採用せらるべきストロージャー式及びシーメンスハルスケ式採用方に關する諸問題の調査並に部分的研究が主として行はれてゐるが⁽⁴⁾、この間既に新方式の研究も行はれはじめ、單一回轉運動のみにて通話接続を行ふ構造簡單なる選擇機並に本邦の自動交換機に使用し得る共同加入者の通話度數分類登算装置の考案⁽⁴²⁾ などがあつた。自動交換方式採用を契機として漸次ストロージャー式及びシーメンスハルスケ式交換方式を基調とする新方式研究の取材が多くなつてゐる。

これ等研究調査の主要なるものを擧ぐるに、一都市に於て自動手動兩方式を混用する場合手動式より自動式への中繼接続に於て、A 臺にてダイヤルする代りに中繼臺にて使用するキーボードインパルス・センドラに關する研究、レピータによるインパルス中繼の變化状態をオシログラフにより觀測し、これにより實用上挿入し得べきレピータ數の決定、200 周波の交流を使用して重信回線にも應用し得る如くせるトルダイヤリング装置に關する研究、工務局依頼により電信電話技術心得改正に資する爲局内装置に於ける各機器の通話損の調査⁽⁴⁴⁾、SH 式自動電話交換機に關して電話機統一上並に通話改善の目的を以て G.P.O. 形ダイヤルを使用せる場合及び A, B, 繼電器を低抵抗ならしめたる場合の交換機の動作及び通話能率の調査、真空管を用ふる波高電壓計を考案しこれを以て ATM 式及び SH 式自動交換機の各部に於ける瞬時電壓を測定し且この異常電壓防止方法の研

究⁽³⁾、同一市内に SH 式と ATM 式の兩自動交換機を使用せんとする場合、兩方式共用の標準装置の儘にて結合し得る中繼装置の研究⁽⁴¹⁾、自動交換機全般に對する工務局の調査依頼により通話損、ダイヤルのインパルス斷續比、ダイヤル回路として 2 號ダイヤル回路の推奨、ミニマムボーズの測定及びその推奨限界値、橋絡繼電器の發熱並に通話損よりみたる推奨規格等の調査⁽⁵⁾、本邦に於て製造せられた自動交換機器の壽命調査及びその他の機器の壽命調査、ダイヤリングの中繼装置として高速度の脈流を使用し以て多數のダイヤリングを僅少の線條により中繼する装置並に WE 式コールインヂケータを SH 式交換系統に使用すべきレピータの研究、市外線を通じてダイヤルインパルスを送り着信交換手を經ずして直接相手局の自動機械を選出せんとする市外電話線の自動化に關する研究、1 個のロータリースイッチに局番號選別及び自局内スイッチ選出の 2 機能を有せしめたものを主スイッチとして考察せるスイッチングセレクトレピータの研究⁽⁵⁰⁾、ST 式及び SH 式に於ける諸選擇機の制御インパルスに對する安定度の調査並にこれに關聯せる問題に就いての考察⁽¹⁰⁾、ST 式交換機が國産化せられたるに當りこれを SH 式として使用可能なる回路方式の研究、ST 式として使用し得べき帶域通話度數登算装置の考案、共電式加入者用度數計を自動式加入者用として使用すべき度數計回路の調査實驗、ST 式スイッチバンク端子の摩損に關する調査、信號装置として繼電器を主體とした簡單なる小自動交換局用信號装置の試作、一都市内に自動手動兩方式を混用する場合手動局に設備すべきコールインヂケータの代りに自動交換機を直接使用する方式の研究完成、同一探線機に收容せらるゝ一群の加入者より同時に呼出したる場合に一方が他の探線機の操作を待つことなく飛越起動法により同時に探線操作を行はしむる自動探線装置の考案、及び加入者群には夫々特定のファインダスイッチを有し、加入者の發信に對して共通のロータリースイッチを用ひ該ファインダを選出せしめ、スイッチ起動後は直ちに次の呼出に應ぜしめる 200 回線用ラインファインダの考案⁽⁵¹⁾、或は A1 號ラインファインダの缺陷につきその原因を究明し且その防止方法の提案⁽¹⁴⁾、ST 式市内外コンネクタに割込通話機能を具有せしむる如きコンネクタの考案⁽⁵⁸⁾、SH 式に於ける A 式コンネクタのシュトイェルシャルターを除き、これに繼電器を代置する機能同等なるコンネクタの改良、我が國自動交換機の具備すべき機能を考察しこの機能を備へたる新交換方式の考案試作、大都市に於ける同一電話區域擴大に伴ふ周邊局よりの中繼線の節約並に局番號複雑化を回避する目的を有する切替セレクトレピータ新方式の考案、單一驅動電磁石を以て 2 方向運動を行はしむる選擇機の考案並にこれに適應する回路設計、待時式市外交換に關して交換證自動作成装置を併用して加入者のダイヤル發信により直接に相手加入者を呼出せんとする單局地並に複局地用自動市外交換方式

の最近に於ける考究設計⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁷⁾並にこれに伴ふ加入者番號蓄積装置、交換證自動作成装置⁽⁷⁰⁾⁽⁷¹⁾及び發信者番號自動檢出装置等の研究試作、自動交換方式を採用する都市に於て私設電話交換臺等より局線にて發信する場合特定の加入者に對し押釦1個を押下するのみにてインパルスを自動的に送出せしめ相手加入者を呼出し得るインパルス送出装置の考案⁽¹⁵⁾、H形自動交換機用ワイパー及びバンク接點の磨耗並にワイパーの引懸りの點より考慮せるワイパー張力適正值の實驗的調査、ST自動交換に於ける接續事故の原因を考究しその防止對策の提案⁽⁶¹⁾、待合装置附小自動交換機一方式の研究設計、自動式局用集團加入電話に關する研究、共電式或は自動式私設電話設備に於て内線相互通話のみ自動的に通話電流供給の適當なる制限を行ふ如き着想⁽²⁷⁾等、各種各方面に亘り熾烈なる研究調査が行はれ、自動交換方式の進展に寄與し、又上記以外にも幾多の有益なる成果が擧げられてゐる。

4. 繼電器

次いで、電話交換に於て最も重要な役目を荷ふ繼電器の方面に於ける研究調査の跡を辿つてみるに、繼電器の動作特性、材料及び構造等に關する各種の事項に就いて考究せられて居り、101形K繼電器の感度不良なる原因を探究しこれに代置する新繼電器の作成、繼電器の發熱に基因する障も相當多いことに鑑み發熱に關する諸種の事項に就き調査し、燒損防止の参考に供し⁽⁶⁾⁽²⁵⁾、塞流線輪式紐回路用繼電器に成層鐵心を用ひ且カバーを鐵製とし104號TD繼電器に比し通話損を約3分の1に減少せしめ、繼電器に使用する鐵材の性質と動作との關係を明らかにする目的を以て特殊なる導磁率測定装置並に燒鈍の効果を研究し、併せて接點彈條につき調査、卷線の被覆物の厚さ、卷線の巧拙により動作時間、感度及びインピーダンス等が一定せざる爲、これ等について調査し、併せて卷線の太さと巻數との關係に於ける一般公式を作成し試験並に製造の資料を供し、繼電器の部分品の研究をなしこれを實際に適用して構成せる特殊繼電器の改良研究、繼電器の漏洩磁束が隣接繼電器の動作時間に及ぼす影響を調査し繼電器群の設計並に試験規格決定の参考に資し⁽⁸⁾、各種形式の繼電器に關する參考資料を全般的に蒐集し、更に進んだ研究への基礎を與へることを目的とせる調査⁽⁹⁾、自動交換機の通話回路に挿入せらるゝ繼電器のインピーダンスと通話損及びインピーダンスと不平衡量による雜音量との關係を明らかにせんが爲の實驗調査⁽⁵²⁾、ST式自動交換機用繼電器に於て動作回数に従つて特性が變化する状態の調査、電話用繼電器の有効磁束、接極子吸引力、接點彈條負荷並に代表形繼電器の特性、各部の寸法等に亘つて本質的且組織的に研究調査し⁽⁴⁰⁾⁽⁵⁷⁾⁽⁶²⁾、なほその他に繼電器鐵心の導磁率をその儘にて測定し得る測定器を試作しこれによる各製造會社製品の導磁率の

調査⁽⁴⁶⁾、各種電話用緩動繼電器の緩動時間の調査並に簡單なる緩動時間算出式の紹介⁽⁴⁹⁾、B形繼電器鐵心に關する調査⁽⁵³⁾等があり、これ等有用なる研究調査を參考とし更に歩を進めて電話用繼電器の統一に關して我が國独自の立場より標準形の研究設計⁽⁶⁶⁾に努力を拂ひつゝある。

5. 接點、及びその他

なほ電話用部品中重要な接點に就いてもその材料の考究、電氣的特性の究明等多くの研究調査がなされてゐる。115號形繼電器接點の火花損傷に基づく壽命調査、白金接點に代り得る各種金屬の實驗調査があり⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁸⁾、自動電話交換機に使用せらるゝ繼電器その他の接點金屬の有効壽命、火花若くは弧光による消耗傾向並に塵埃障に關する研究調査⁽⁷⁾⁽¹²⁾或は電話回路遮断に適切な火花消去回路及び接點物質移動現象の考究⁽⁵⁹⁾、電話用繼電器接點の保護抵抗に關する調査⁽¹¹⁾、繼電器の接點彈條組合、アンペアターン、接點壓力及び遅緩作用が、その接點震動現象に如何なる影響を有するかに就いての實驗考察⁽⁶⁹⁾等がある。

次に電話交換關係に於いて從來存在しなかつた所の新機器の研究方面をみるに、各種電話信號音を音聲に置換せんとする音聲信號装置があり⁽¹³⁾⁽²⁰⁾⁽⁶⁰⁾、これは空レベル通報用として近々東京市内電話局に廣く採用されることに決定してゐる。なほ電話局に於ける報時サービスを自動化し正確な時刻を言葉で以て通報する爲の音聲報時装置の研究⁽²⁴⁾⁽⁶⁸⁾⁽⁷⁵⁾も完成し實用化に向つて努力しつゝある。

その他電話交換に關聯せる諸種の研究調査として、電話信號用として使用する2號形ランプ纖維がカーボンなる場合とタングステンなる場合の優劣調査、光電管並に電流計を使用する信號ランプの直讀光度計の試作及び信號ランプの壽命試験又は2號形ランプ纖維にタングステンを使用し特性を改善し且特殊形状の纖維により可視光度の増加を計る研究⁽²¹⁾2號形ランプの測光に關し2次標準より導きたる常用標準を備へ偏位法による光度計の研究試作⁽²³⁾、ダイヤルスイッチに關して人手にて廻轉せしむると全く同様の状態にて試験し得るダイヤル壽命試験機的设计⁽⁵⁵⁾並にダイヤルの壽命試験⁽⁴⁷⁾、各種ダイヤルに就きポーズを測定し又交換機の動作機能より必要とするダイヤルのミニマムポーズの決定、ダイヤルの廻轉速度をストップウォッチにより自動的に測定し且斷續時間比をも同時に指示せしむる如き速度試験機的设计試作⁽⁵⁵⁾、ダイヤルの發生するインパルス連のうち任意順位のインパルスを選択測定し得る装置を考案し併せて各種ダイヤルに就いてインパルス不整一の實測調査⁽⁵⁶⁾、進んで構造強靱、インパルス送出確實なるダイヤルの改良研究をなし目下實地試用中であり、なほH形ヒューズの電流一切斷時間特性の調査⁽²²⁾等

がある。

6. 結 言

以上は當所に於いて行へる過去 50 年間の電話交換方面に於ける主なる研究調査事項の概括であるが、今日非常時局に際會し且急速なる國運進展に伴ひ電話交換方面に於いても亦多くの問題が提議せられ、電話交換の凡ゆる部門に於ける我が國独自の技術に基づく方式の確立、物質問題よりする代用品の考究等々吾人に課せられたる所の責務は甚だ大なるものがあり、關係技術者の努力を要望せられること昔日にその比をみないものがあらう。吾々電話交換技術に携はる者また職域奉公の精神を以てこれに應へんことを期するものである。

文 献

- (1) 堀江貞治郎：電試研 2 部 15 (大 4)
- (2) 利根川守三郎：電試研 研究會講演集 2 部 206 (明 45)
- (3) 堀江貞治郎，且憲一郎：電試研 197 (昭 2)
- (4) 堀江貞治郎，戸谷二郎：電試調 5 (大 14)
- (5) 堀江貞治郎，且憲一郎，戸谷二郎：電試調 36 (昭 2)
- (6) 堀江貞治郎，淺井安夫：電試調 40 (昭 2)
- (7) 淺井安夫：電試調 67 (昭 5)
- (8) 中根安夫：電試調 78 (昭 6)
- (9) 松代青一郎，佐々木鐵五郎：電試調 89 (昭 7)
- (10) 岡田成敏，本莊正人：電試調 105 (昭 11)
- (11) 吉田足夫，本莊正人：電試彙 1, 2, 73 (昭 12)
- (12) 中根安夫：電試彙 1, 4, 185 (昭 12)
- (13) 岡田成敏，井上政彦，古川政吾：電試彙 1, 6, 271 (昭 12)
- (14) 吉田足夫，中根安夫，深田敏夫：電試彙 1, 7, 378 (昭 12)
- (15) 吉田足夫，日景喜代治：電試彙 2, 5, 265 (昭 13)
- (16) 電話交換係：電試彙 2, 11, 754 (昭 13)
- (17) 電話交換係：電試彙 3, 11, 732 (昭 14)
- (18) 電話交換係：電試彙 3, 3, 161 (昭 14)
- (19) 岡田成敏，油井隆弘：電試彙 3, 5, 268 (昭 14)
- (20) 岡田成敏，井上政彦：電試彙 3, 6, 384 (昭 14)
- (21) 吉田足夫，日景喜代治：電試彙 3, 11, 682 (昭 14)
- (22) 電話交換係：電試彙 3, 11, 732 (昭 14)
- (23) 吉田足夫：電試彙 4, 2, 99 (昭 15)
- (24) 岡田成敏，井上政彦：電試彙 4, 5, 318 (昭 15)
- (25) 日景喜代治：電試彙 4, 6, 484 (昭 15)
- (26) 中根安夫：電試彙 4, 6, 490 (昭 15)
- (27) 日景喜代治：電試彙 4, 10, 696 (昭 15)
- (28) 松代松之助：電學誌 6, 32, 215 (明 24)

- (29) 畑英三郎：電學誌 24, 191, 421 (明 37)
- (30) 畑英三郎：電學誌 26, 213 (明 39)
- (31) 鶴岡 巖：電學誌 27, 223, 179 (明 40)
- (32) 中村精次郎：電學誌 29, 249, 275 (明 42)
- (33) 中村精次郎，和氣幸臣：電學誌 29, 250, 325 (明 42)
- (34) 中村精次郎，和氣幸臣：電學誌 29, 256, 747 (明 42)
- (35) 汗川 清：電學誌 33, 298, 595 (大 2)
- (36) 利根川守三郎：電氣學會創立 25 年祝賀記念講演 (大 3)
- (37) 利根川守三郎：電學誌 35, 318, 19 (大 4)
- (38) 堀江貞治郎：信話誌 11 (大 8)
- (39) 戸谷二郎：信話誌 29 (大 11)
- (40) 堀江貞治郎：信話誌 51 (大 14)
- (41) 堀江貞治郎，戸谷二郎：信話誌 56 (大 15)
- (42) 戸谷二郎：信話誌 56 (大 15)
- (43) 杉浦宏俊：信話誌 62 (昭 2)
- (44) 堀江貞治郎：信話誌 63 (昭 2)
- (45) 並河 昇，長内吉兵衛：信話誌 65 (昭 3)
- (46) 杉浦宏俊：信話誌 69 (昭 3)
- (47) 吉田小太郎：信話誌 71 (昭 4)
- (48) 並河 昇，長内吉兵衛：信話誌 75 (昭 4)
- (49) 杉浦宏俊：信話誌 89 (昭 5)
- (50) 戸谷二郎：信話誌 93 (昭 5)
- (51) 杉浦宏俊：信話誌 103 (昭 6)
- (52) 中根安夫：信話誌 116 (昭 7)
- (53) 杉浦宏俊：信話誌 123 (昭 8)
- (54) 吉田小太郎：信話誌 125 (昭 8)
- (55) 吉田小太郎：信話誌 128 (昭 8)
- (56) 岡田成敏，佐々木鐵五郎：信話誌 129 (昭 8)
- (57) 岡田成敏：信話誌 第 1 回秋季大會 152 (昭 10)
- (58) 中根安夫：信話誌 147 (昭 10)
- (59) 岡田成敏，中根安夫：信話誌 第 2 回秋季大會 165 (昭 11)
- (60) 岡田成敏，井上政彦：電通誌 171 (昭 12)
- (61) 中根安夫：電通誌 135 (昭 12)
- (62) 岡田成敏，井上政彦：通信學會創立 20 周年大會講演豫稿 (昭 12)
- (63) 岡田成敏，中根安夫，小山秀明：通信學會創立 20 周年大會講演豫稿 (昭 12)
- (64) 渡邊孝正，岡田成敏，小栗米造：通信學會第 4 回秋季大會講演豫稿 (昭 13)
- (65) 岡田成敏，吉田足夫，日景喜代治：通信學會第 4 回秋季大會講演豫稿 (昭 13)
- (66) 岡田成敏，井上政彦：通信學會第 4 回秋季大會講演豫稿 (昭 13)
- (67) 岡田成敏，本莊正人：第 15 回聯合大會講演豫稿 (昭 14)
- (68) 井上政彦：電通誌 206 (昭 15)
- (69) 油井隆弘：紀元 2600 年記念聯合大會講演豫稿 (昭 15)

- (70) 本莊正人, 森田忠良: 紀元 2600 年記念聯合大會講演豫稿 (昭 15)
 (71) 岡田成敏: 紀元 2600 年記念聯合大會講演豫稿 (昭 15)
 (72) 岡田成敏: オーム 25, 6 (昭 13)
 (73) 岡田成敏: 富士時報 237 (昭 14)
 (74) 岡田成敏: ワット 13, 5 (昭 15)
 (75) 岡田成敏: 通信の智識 4, 78 (昭 15)

第 5 節 音聲周波測定

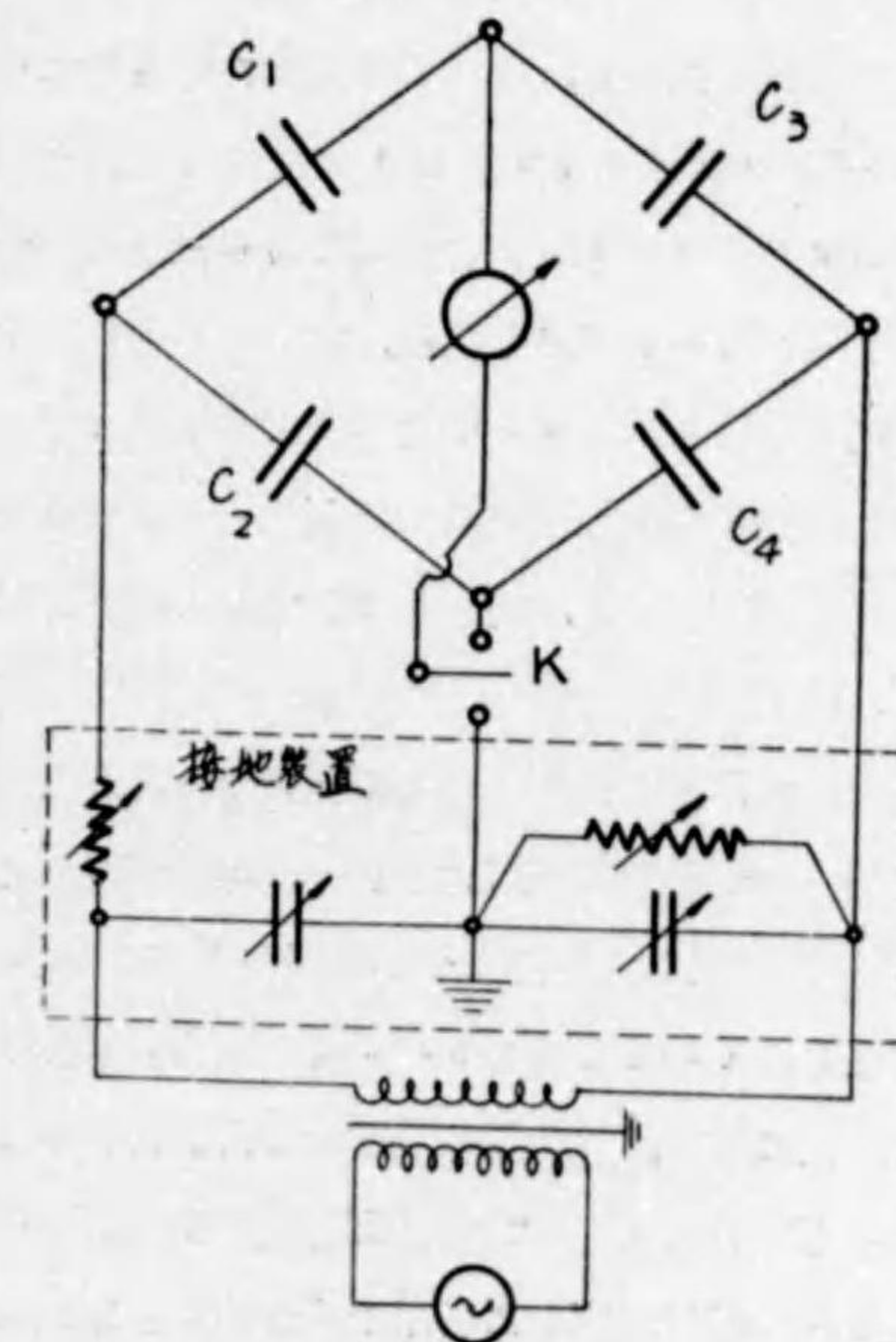
音聲周波測定は電信電話用品の試験に當り必要不可欠からざるものである關係上古くよりこの方面の技術の進展に對して關心が拂はれてゐたが⁽¹⁾, 組織的な研究を始めたのは小川一清氏であつた。氏は電話線路の電気定数を測定するに當り被測定物が大地に對し相當大なるアドミタンスを持つ結果大地を通して流れる電流に依つて測定誤差の生ずることを認め, 交流ブリッジの研究に着手した。先づ最も大きな誤差の原因たる交流電源の大地に對する不平衡の問題に検討を加へ, これを平衡せしめる爲には特殊の變成器を挿入すればよいことを理論的に誘導し, 2種の平衡用變成器を考案試作して略その目的を達し得た⁽²⁾。なほこの論文に於て初めて實回路と地回路との重疊回路なる概念を導入してゐるが, これは後に同氏の傳送回路理論の骨子をなしたものである。(第 2 章第 1 節参照) 又電話回線の如きものに對しては大地アドミタンスの存在する爲被測定物に平衡電壓を加へて測るか或は平衡電流を加へて測るかに依つて二通りの動作インピーダンスが考へられることを指摘し, 上の平衡變成器を利用することに依り後者の定義による動作インピーダンスを容易に測定し得ることを示してゐる⁽³⁾。又電話ケーブルの實効リーカンスの測定に廣く用ひられてゐる Thomas-Küpfmüller ブリッジに於て大地に對する静電容量が齎す誤差に就いて一般的に考察してゐる⁽⁴⁾。

次に小川一清氏はブリッジ測定に標準器として用ふる素子に関する研究を進め, インダクタンス線輪は成るべく避ける方針の下に専ら抵抗器と蓄電器とに就いてその構造, 性能, 較正方法等に關して貴重な論文を發表した。抵抗器に關してはその残留インダクタンス又は残留静電容量並に大地静電容量の測定方法等に就いて詳細な報告があり⁽⁵⁾, 又蓄電器に關しては可及的に誘電體損失を小ならしめる爲空氣蓄電器をとり, 種々工夫を施して所謂無損失蓄電器の完成を見た⁽⁶⁾。その構造は 2枚の電極板はそれぞれ絶縁物に依つて接地物に支持されるが, 兩電極板間の電場内には絶縁物が介在しない點を特徴とする。これの等價三端子を考へると, 兩電極間のアドミタンスは漏洩コンダクタンスを伴はない純リアク

タンスとなり, 後述の接地装置を持つたブリッジに於てはこのアドミタンスだけが平衡條件に關係することになるので, これに依つて無損失蓄電器が得られ, その結果として測定精度が著しく向上せしめられた。

電源に前述の平衡變成器を挿入することに依つて大地静電容量の影響を或る程度除き得るけれども完全とまで行かない。小川一清氏は更に精密測定に適したブリッジを追究してブリッジ各邊の大地静電容量を考慮に入れた嚴密な一般理論を樹て, これよりその影響をなくする爲に必要な條件を求めた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。その條件は既に Wagner により發明された接地装置を用ふることに依り容易に満足せしめ得ることが分つたのであるが, たゞ Wagner の提案のまゝではブリッジの種類により又電源の状態に應じて接地回路の選定が困難な場合があり, 或は接地回路中にインダクタンス線輪を用ひねばならぬ缺點があつた。小川一清氏は平衡變成器を併用し又接地回路中に電源電流の通路に直列抵抗を挿入することに依り上の缺陷を除き得ることを創案した。

以上の研究結果に基づき無損失蓄電器を當所試作課に於て製作して昭和 5 年頃精密測定用交流ブリッジが完成された⁽⁹⁾。このブリッジの本體は第 1 圖に示す如く無損失蓄電器



第 1 圖

C_1, C_2, C_3, C_4 を以て構成せられ、圖の如き接地装置が附屬する。蓄電器 C_1, C_2, C_3, C_4 は各4個の空氣蓄電器を並列接続せるもので、靜電容量は最大約 10,000 $\mu\mu\text{F}$ 、最小約 10 $\mu\mu\text{F}$ で最小可讀目盛 0.1 $\mu\mu\text{F}$ を以て連続的に加減し得る。各種の測定に當つては被測定インピーダンスと標準抵抗器を適宜各邊に並列に接続して使用する。各蓄電器、抵抗器、導線、端子等には靜電遮蔽を施しそれを接地する。測定周波數範圍は精確度によつて決まるが優に 100 kc までは精密測定用として使用し得る。

この交流ブリッチは備付後音聲周波數範圍はもとより搬送周波數範圍に於ける研究用測定器として又各種通信用測定器の較正用として用ひられつゝ現在に至つてゐる。最近 10 個年の有線通信分野に於ける急激なる利用周波數帯の擴張期に際會し通信用測定器の試験較正等によく對處し得たのは一つにこの精密交流ブリッチの賜物であつたと云つても過言ではない。なほ小川一清氏はこのブリッチを用ひた場合に起る偶然誤差について⁽¹⁰⁾、又精確度を多少犠牲にしその代りに廣周波數範圍に亘り同一接続のまゝで行ひ得る測定方法に就いて⁽¹¹⁾それぞれ報告してゐる。

交流ブリッチに關係した研究は、上述の小川一清氏の研究以外にも多くの人に依つて數多の研究がなされた。例へば神保成吉氏⁽¹²⁾は種々の交流ブリッチ回路を包含統一し得る如き一般的な代表ブリッチ回路を提案し、その平衡條件式を論じて居り、又別宮貞俊、土手奎治、中村良之氏等⁽¹³⁾は可變相互インダクタンスを用ひた新型交流ブリッチを考案した。これは Campbell-Heaviside ブリッチと似てゐるが被測定物の一端を直接接地して用ひ得る點が優れてゐる。インピーダンスの種類、大いさの如何に拘らず迅速に平衡を求め得る點が便利である。同氏等はこのブリッチを用ひて接地板インピーダンス、試験用變壓器等のインピーダンスを音聲周波數範圍に於て實測しその結果を報告してゐる。

又ケーブル用可搬型測定器に關しては、第五部に於て種々研究されたがこれ等に就いては第7節に譲ることとし、此處にはその他のものに就いて述べる。藤木久男氏⁽¹⁴⁾は共振ブリッチ型歪率計を試作し、製作上の注意並にその結果等を報告してゐる。又鈴木重夫、永井虎雄兩氏⁽¹⁵⁾は交流ブリッチ用檢流器として酸化銅整流器を用ひた一新方式を提案し、これを Anderson ブリッチに適用した實例について説明してゐる。

通信測定器として須要なもの一つであるレベル計の新方式に關して吉田五郎、平林初雄、柿谷英太郎の諸氏が研究の結果、酸化銅整流器の非直線性と整流饋還制御法とを利用した廣範圍レベル直讀計を考案した⁽¹⁶⁾。これは 50 乃至 60 db の廣範圍に亘り略平等目盛の指示を與へ得るもので各種通信用測定に利用の途が廣い。なほこの原理を唸周波發振器並に記録計と組合せてレベル記録計を試作した結果を報告してゐる⁽¹⁷⁾。又これと別

の原理に基づくレベル記録計を根岸博氏等⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾が發表した。それは整流電流にて繼電器を動作せしめ、その接點の開閉によつて自動的に抵抗減衰器を入力レベルに應じ加減して出力電流を狭範圍に收め 50 db 以上の廣範圍レベルを指示、記録せしめるものである。これと略同じ原理に基づくレベル計が高橋歳一郎氏⁽²⁰⁾に依つても考案された。但し後者は放電管を利用し又抵抗減衰器の代りに多接點の分壓器を用ひ、指示計としては電流計を用ひず分壓器軸に取付けられた指針によつてゐる。

通信測定法に關係して山本昇一氏は四端子回路の動作特性を規定する爲に用ひられてゐる各種傳送量の定義と測定方法を明確にし、併せて動作減衰量、動作位相量の測定方法を提案した⁽²¹⁾。又一般に位相量測定に必要な位相調整回路の試作結果に就いて報告してゐる⁽²²⁾。傳送特性簡易測定器として吉田五郎、平野善勝兩氏⁽²³⁾は酸化銅整流器を使用し、電流比較法に依り抵抗器のみにてインピーダンスの絶對値、位相角或は減衰量、位相量等を測定し得る可搬型測定器を考案試作した。

文 献

- (1) 荒川利雄：信誌 1, 2, 130 (大 6)
- (2) 小川一清：電學誌 45, 447, 889 (大 14)
- (3) 小川一清：電試研 156 (大 14)
- (4) 小川一清：電學誌 46, 458, 1027 (大 15)
- (5) 小川一清：電學誌 47, 472, 1228 (昭 2)
- (6) 小川一清：電學誌 48, 485, 1278 (昭 3)
- (7) 小川一清：電學誌 48, 475, 115 (昭 3)
- (8) K. Ogawa: 電試研 245 (昭 4)
- (9) K. Ogawa: 電試研 277 (昭 5)
- (10) 小川一清：電學誌 53, 537, 311 (昭 8)
- (11) 小川一清：電學誌 53, 539, 436 (昭 8)
- (12) 神保成吉：電學誌 43, 420, 694 (大 12)
- (13) 別宮貞俊、土手奎治、中村良之：電試研 244 (昭 4)
- (14) 藤木久男：電學誌 55, 562, 351 (昭 10)
- (15) 鈴木重夫、永井虎雄：電通誌創立 20 周年記念大會豫稿 1 部 93 (昭 12)
- (16) 吉田五郎、平林初雄：電學誌 56, 574, 475 (昭 11)
- (17) 平林初雄、柿谷英太郎：電通誌第 4 回秋季大會豫稿 2 部 132 (昭 13)
- (18) 根岸博、木戸榮治：電學誌 56, 574, 566 (昭 11)
- (19) 根岸博、木戸榮治：電學誌 57, 589, 722 (昭 12)
- (20) 高橋歳一郎：紀元 2600 年記念聯合大會豫稿 41 (昭 15)
- (21) 山本昇一：電試堂 1, 6, 302 (昭 12)
- (22) 山本昇一：電信電話學會第 2 回秋季大會豫稿 16 (昭 11)
- (23) 吉田五郎、平野善勝：電信電話學會第 2 回秋季大會豫稿 72 (昭 11)

第 6 節 通話並に邦語母音及び子音

1. 通話に関する研究

電話の使命より考へ良好にして経済的なる通話を確保する事の必要なるは論を俟たない。されば電話の研究は直接又は間接に總てこの目的に向つて行はれてゐるのであるが、本節に於ては専ら電話機或は線路を対象とした場合の通話音の音量及び明瞭度に関する研究に就いてその進展の跡を辿ることとする。

電話線路は電話の初期に於ては總て單線式であつたが、その後複線式に改められた。従つて市外回線に於ける重信回路作成方法も、差動法に代り橋絡法が採用せられ、明治 33 年以後は専らこの方式による二重電話が行はれるやうになつた。明治 34 年には棚川武二郎、井阪勇治、鈴木重孝の 3 氏⁽¹⁾によりこれ等兩重信回路作成方式の比較試験成績が發表されてゐる。電話回線は總て複線式となすことに一應決定はせられたけれども、猶、この時代の學會では單線、複線兩方式の優劣に関する問題が盛んに討論せられてゐた。この當時に中山龍次氏⁽²⁾は線路の創設費、外國に於ける電話料金と距離との關係及び實際の線路に就いて測定せる漏話程度の實例を擧げて、これ等兩回線方式の長短を検討してゐる。同氏⁽³⁾は又電話の達し得る最長距離に就いての論文をも發表してゐる。

明治 38 年日露戰爭中東京・佐世保間に長距離電話が開通し、田代常、山根幸知、藤村理次の 3 氏⁽⁴⁾によりその試験成績が發表せられた。この報告には電氣試験所に於ける加入者用電話機を用ひ東京・佐世保間の各地と通話試験を行ひたること、電信電話双信法を行ふ爲に電信側より兩端局及び中間局に於ける通話が如何なる妨害を受けるか、表示器、聴話回路等に起因する損失が何程なるか等のことが詳細に記載されてゐる。翌明治 39 年に發表された菊井春三郎、山根幸知、淺岡義彦 3 氏⁽⁵⁾の青森・函館間にて行はれた電信電話双信法の試験に就いての報告にも電話回線への電信妨害のことが述べてある。

明治 40 年に和氣幸臣、中村精次郎兩氏⁽⁶⁾は、米國に於て共電式による長距離通話に限り、加入者に接続すべき紐回路に 52 ボルトの電池を使用し、通話損の軽減を圖り居るに鑑み、加入者線の長さの變化に伴ふ通話損を共同電池式と局部電池式とに對して比較した。その後大都市に於ける交換方式が何れも共電式に改式せらるゝに及び、加入者線の長さと同通話能率との關係を明らかにすることは、線路の設計並に保守上必要と見做さるべき研究事項となつた。利根川守三郎氏^{(7)~(9)}は中村精次郎氏、荒川利雄氏と共にこの關係を攻究し、共電式加入者線の抵抗及び送話器電流を變數として電流供給損を圖示し、更にこれ等による損失を標準當量を以て表示した。更に同氏⁽¹⁰⁾は荒川利雄氏と共に各種中繼線

及び市外線の損失を標準ケーブルの哩數にて與へる數式を求め、且 800 サイクルの交流を用ひてこれ等線路の測定を行つてゐる。その外利根川守三郎氏⁽¹¹⁾はケネリー博士の論文を基として電話回線に於ける電壓電流の分布状態を計算する等、この方面に於ける研究に幾多の功績を残してゐる。又同氏⁽¹²⁾は中村精次郎、野崎與吉の兩氏と共に鐵道或は鑛山に必要な通信方式として、同一電話回線に多數の電話機を接続使用する場合、幾個まで可能であるかの研究を行つた。その研究結果によれば、回線及び電話機の種類により一回線に收容し得る電話機數は異なるも、回線が架空銅線の場合には線路の通話損を考慮する必要無く、電話機 1 個を並列に接続したることにより生ずる信號電流の損失にて決り、鐵線を使用せる架空線の場合には線路の通話損を考慮する必要があることとなる。又これより先、荒川利雄氏⁽¹³⁾は表示器に分流する通話電流を軽減する爲、從來使用されてゐた外國製 44-B 塞流線輪の代りとして特殊なる國產塞流線輪を試作使用し、外國製品に劣らぬ良好なる成績を得てゐる。

第一次歐洲大戰勃發の頃、歐米に於ては市外通話用として共電式電話に 48 ボルトの電源が使用されてゐたが、當時堀江貞治郎氏⁽¹⁴⁾は斯かる方式を東京、大阪の如き大都市の市外通話に採用する場合の利害得失に就いて論じてゐる。その後關東大震災を界として我が國にも自動交換方式が採用せられ、電源として 48 ボルト或ひは 60 ボルトが用ひられるに至つた爲、本省工務局の依頼により當所に於てこれ等の場合の電流供給損測定を行つた。

電話に於ける通話の良否判定に基準となる通話標準装置は、電話の研究及び試験に缺くべからざるものである。當所は創立の始より送話器、受話器及び電話機等の納入試験を重要業務として居り、これ等には選定せられた標準送話器及び標準受話器を用ひて通話試験を行つてゐたのであるが、明治 43 年利根川守三郎、中村精次郎兩氏⁽⁷⁾は當時の標準ソリッドバック送話器に関する研究を發表した。この研究に於ては、當時米國ウェスターン電氣會社より購入せる多數の送話器と從來の標準送話器との通話比較を行ひ、我が標準送話器の音量、明瞭度共に標準として適當なることを確かめ、尙、加入者線の電流供給損に関する實驗も行つてゐる。これよりも先に我が國の標準送話器は綿密な試験によつて選定されてゐたのであるが、利根川守三郎氏等は更に磁石式電話機の通話を前記標準送話器を用ひた共電式標準通話回路の場合に關聯せしめて通話の標準を一元化する爲、磁石式の場合に於て送話器電流の大きさに起因する電池損なる通話損失をソリッドバック及びデルビル送話器に對して實驗的に求めた。これ等の結果は、標準送話器に對する電流供給損等と共に明治 44 年 5 月 31 日電信電話技術調査委員會に於て決議せられた電信電話技術心得第 16 號の「電話回線の通話標準」に詳述されてゐる。而して我が國の通話の基點も

この決議によつて公式に確定したのである。爾來これ等標準送受話器は嚴密鄭重に保管せられ、その性能維持に努められて來たが、大正9年にはこれ等の中に最早標準器としての使用に耐へざるものを生ずるに至つた爲、多數の送話器及び受話器中より嚴重なる試験により夫々の標準器として適當なるものを選定した。これ等は關東大震災に至るまで使用されて來たが、不幸にしてこの時の火災に於て夫等の記録と共に焼失した。然るに當時の東京逓信局、日本電氣株式會社、沖電氣株式會社には、當所に於て較正せる標準送受話器が保管せられてゐたので、夫等に準據して多數の製品中より標準器の選定を行ひ、爾來これ等が我が國の標準送受話器となつてゐる。大正14年には本省工務局が米國ウェスターン電氣會社製の標準送話器及び標準受話器夫々の一揃を購入したので、その試験により我が國標準器を吟味する機會が與へられ、更にその後それ等の一部を當所に於て保管することとなり、それ以來我が國標準器に就いて毎年1回乃至數回行ふ較正試験には必ず参考の爲に差加へられてゐる。

電話技術は三極真空管の出現等により第一次歐洲大戰後一大飛躍をなし、通話標準装置にも優秀なるものが歐米諸國に設置せられるに至つたので、昭和10年谷忠篤氏⁽¹⁵⁾を派遣してそれ等の詳細を調査せしめた。又同氏は我が國に於て較正したる送受話器を電話機回路装置と共に携行して歐米諸國に於て通話比較を行ひ、その結果歐米諸國に於ける通話の基準値が我が國のそれに略一致してゐることを確かめた。その後我が國に於ても新通話標準装置の設置が計畫せられ、日本電氣株式會社に製作を命じ、一應その完成を見たが、現在その各部特性の吟味と改善に努力中である。

通話音の良否は、その音量と明瞭度とに依つて決定されるけれども、明瞭度に關する基礎的研究は我が國に於ては他の分野の研究に比して極めて少い。然れども明治28年既に中山龍次氏⁽¹⁶⁾は送話器の改良に關する研究に於て、その特性を検べる手段としてガワベル送話器及びブレーキ送話器に就いて單音節明瞭度の試験を行ひ、如何なる音節が誤聽され易いかの研究をなしてゐる。又利根川守三郎、中村精次郎、野崎與吉の3氏⁽¹⁷⁾は受話器の研究に當り明瞭度の良否を論究してゐる。その後歐米諸國に於ても明瞭度の改善及び試験法統一が論議されるに至つたので、我が國に於ても國語による試験方法確立の見地より、當所に於て日本語組成の統計的調査に着手した。その統計結果に基づき明瞭度及びその試験に關する研究を遂行したが、この研究の大略は谷忠篤氏⁽¹⁸⁾により發表された。尙、その報告中には明瞭度試験を迅速簡易に行ふ爲に必要な自動登算装置の試作概要も記述されてゐる。その他無線多重電話に對する一研究として、松村定雄、許斐貢兩氏⁽¹⁹⁾は音聲電流を斷續した場合の明瞭度及び了解度を實驗的に研究した。

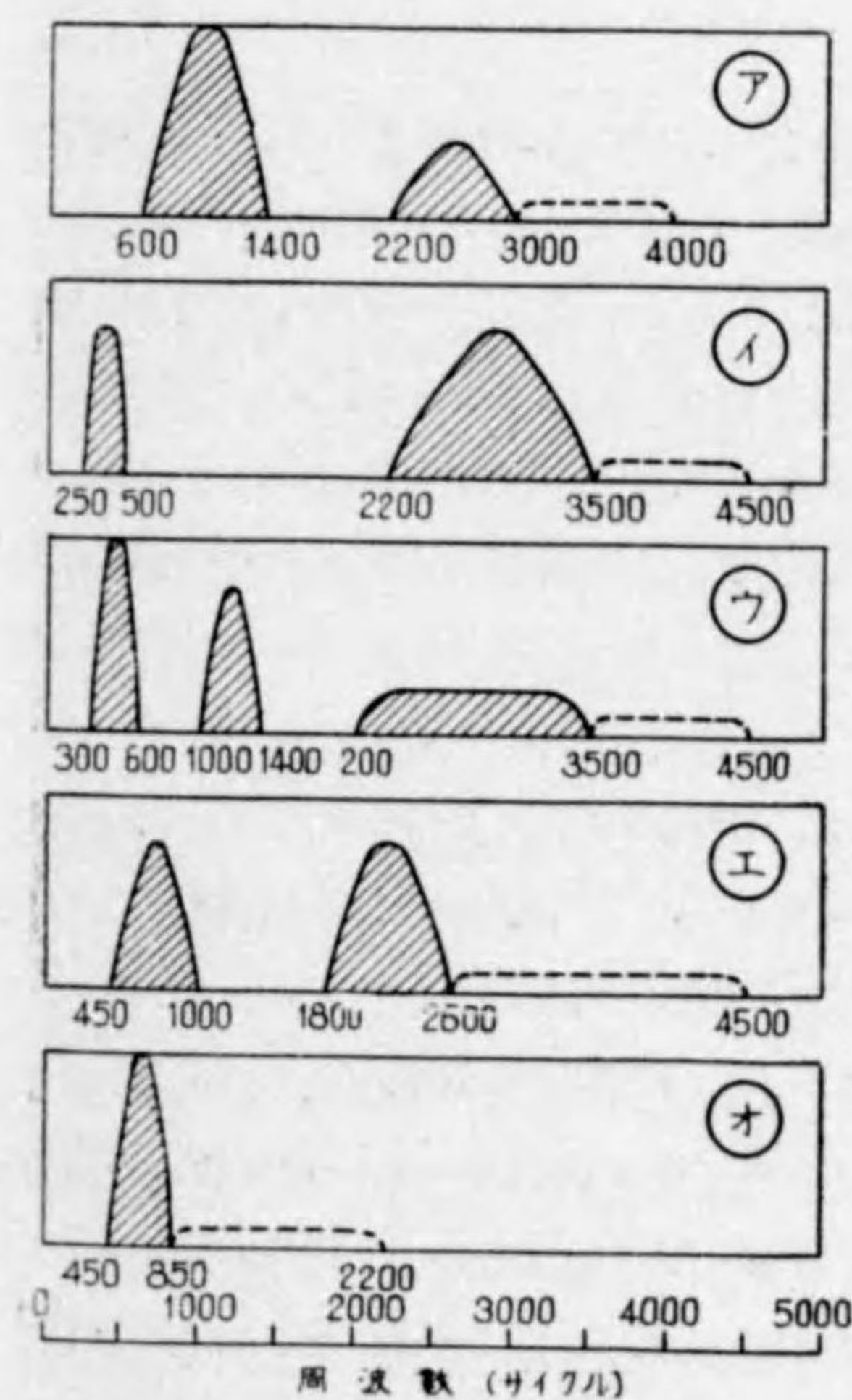
2. 邦語母音及び子音に關する研究

通信及び音響工學方面の參考資料とする爲に、昭和4年より高橋正一、山本源次兩氏により日本語の母音の物理的研究が行はれその成果が發表された^{(20)~(23)}。

コンデンサーマイクロホン、増幅器、オシログラフ、波形分析器により音響スペクトラムを求めて、これより各母音の特性周波數帯域を決定したもので、特に各種の濾波器を用ひて、母音の相互變換も行ひ、その性質を明確ならしめたことは、我が國に於ける最初の研究で、通信方面の音聲の問題に對して寄與するところが多かつた。

尙引續き日本語子音の研究も行はれ、その周波數帯域も發表された⁽¹²⁾。

第1圖は邦語母音の特性周波數帯域、第1表は濾波器を用ひ發聲母音を他の母音に變換せしむる實驗表である。



第1圖 日本語長母音の特性周波數帯域

母音	ア	イ	ウ	エ	オ
ア	—	B. E. 400-2200 (A)	B. E. 400-900 (A)	B. P. 1600-2200 (B)	L. P. 800 (A)
イ	B. P. 600-1400 (A)	—	B. P. 300-1400 (B)	B. P. 440-2200 (B)	B. P. 300-800 (A)
ウ	B. P. 600-1400 (B)	B. E. 400-2200 (A)	—	B. P. 1600-2200 (C)	B. P. 300-800 (A)
エ	B. P. 900-1400 (A)	B. E. 400-2200 (A)	L. P. 400 (B)	—	L. P. 800 (A)
オ	B. P. 600-3300 (B)	B. P. 2200-4500 (B)	L. P. 400 (B)	B. P. 1600-3300 (D)	—

第1表 母音變換實驗表

備考:

L.P.—低域濾波器 B.P.—帯域濾波器
H.P.—高域濾波器 B.E.—帯域消去濾波器

(A), (B), (C), (D)—變換の程度を大體知る爲に附したるもの(A)は極めて良好なる變換程度を示し、以下これに次ぐ。

文 献

- (1) 棚川武二郎, 井阪勇治, 鈴木重孝: 電學誌 21, 150, 53 (明 34)
- (2) 中山龍次: 電學誌 21, 156, 435 (明 34)
- (3) 中山龍次: 電學誌 22, 167, 351 (明 35)
- (4) 田代 常: 山根幸知, 藤村理次: 電學誌 25, 202, 281 (明 38)
- (5) 菊井春三郎, 山根幸知, 淺岡義彦: 電學誌 26, 219, 645 (明 39)
- (6) 和氣幸臣, 中村精次郎: 電學誌 27, 225, 335 (明 40)
- (7) 利根川守三郎, 中村精次郎: 電試研 2 (明 43)
- (8) 利根川守三郎: 第二部研究會講演 (明 44, 5, 13)
- (9) 利根川守三郎, 荒川利雄: 電試研 16 (大 4)
- (10) 利根川守三郎, 荒川利雄: 電試研 17 (大 4)
- (11) 利根川守三郎: 第二部研究會講演 (明 44, 7, 1)
- (12) 利根川守三郎, 中村精次郎, 野崎與吉: 電試研 14 (大 3); 電學誌 311, 527 (大 3)
- (13) 荒川利雄: 第二部研究會講演 (明 44, 7, 6)
- (14) 堀江貞治郎: 電試研 15 (大 4)
- (15) 谷 忠薦: 通學誌 163, 782 (昭 11)
- (16) 中山龍次: 電學誌 14, 82, 228; 14, 83, 290; 15, 85, 72 (明 28)
- (17) 利根川守三郎, 中村精次郎, 野崎與吉: 電試研 10 (大 1)
- (18) 谷 忠薦: 電試彙 3, 4, 192 (昭 14)
- (19) 松村定雄, 許斐 貢: 電試彙 1, 7, 360 (昭 12); 第 12 回三學會聯合大會豫稿 No. 141 (昭 12)
- (20) 高橋正一, 山本源次: 電試研 326 (昭 6)
- (21) 高橋正一: 電試調 3, 9, 1 (昭 6)
- (22) 高橋正一: 電通誌 111, 114 (昭 7)
- (23) 高橋正一: ラヂオの日本 (昭 7, 10, 11)

第 7 節 通信ケーブル用測定器

1. 緒 言

通信ケーブル用測定機器の歴史は、同時に通信ケーブルの歴史であつて、これを大正 10 年の重信ケーブルの採用及び昭和 10 年の無装荷搬送ケーブルの發明により區別せられる三期に分けることが出来る。第一期に於ては、静電容量も直流で測定してゐた程度であつて、測定機器としては何等見るべきものはない。第二期に至り、各種の測定機器を使用するに至つたが、勿論當時に於ては我が國は何等測定機器を有しなかつたため、測定機器は總てケーブルと同時に購入するを例とし、各種の外國製測定機器が雜然として使用せられてゐた。かゝる事實は我が國技術者の到底看過し得ないところであつて、茲に測定機器の自給自足を目標として研究が開始せられたのである。爾來 20 有餘年現在に至るも捷まな

い努力が續けられてゐるのであつて、その間に幾多の優秀なる測定機器を斯界に供給して來た。

2. 歴史的經過

第二期の始め即ち大正 13 年より 14 年に亘り、減幅定數測定器⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾及び静電容量不平衡測定器⁽⁴⁾が發明せられ、これに次いで前者の取扱上の注意、誤差に關し詳細な報告がある⁽⁵⁾。この兩測定器は共に頗る嚴重な遮蔽を要するものであつて、それは特殊な遮蔽變成器の發明により満足せられた^{(6)~(9)}。この兩測定器は當時に於ては勿論現在に於ても優秀な性能を有し、弘く各電線製造所に於て使用せられ、又遮蔽變成器の如きは現在に於ては常識程度に迄その用途が弘められてゐる。次いで、大正 15 年の中頃には直角座標式電位差計の原理を巧みに利用した通話能率測定器⁽¹⁰⁾が製作せられた。本器は通話能率を音量比較法に依らず零位法により精密に測定せんとするものであつて、零位法による減衰量測定に對する意欲が當時既に存在してゐたことを物語つてゐる。又これと同様な原理に依り零位法に依る漏話計⁽¹¹⁾が製作せられ、本器はその後使用に便なるやう改良が施された⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

昭和 5 年より 10 年に至る期間には殆ど發表せられたものがないが、これは第三期に對する準備研究時代であつて、それ等は搬送ケーブルの出現と同時に種々接して發表せられた。昭和 10 年先づ非常に微少な漏話を線路インピーダンスに無關係に測定し得る音量比較法に依る精密漏話計⁽¹⁴⁾が發明せられた。翌昭和 11 年に於て特筆すべきは搬送周波用複素結合測定器⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾及び搬送周波用減幅定數測定器⁽¹⁷⁾の完成である。前者は零點浮動防止装置の發明によりケーブルの静電容量による誤差を除去し、最少 0.1 nH 或は 0.1 pF の複素電磁及び静電結合を正確に測定し得る性能を有し、その簡單且適確な動作に於て優に外國品を凌ぎ、現在各電線製造所その他に於て使用せられつゝある。又後者は搬送周波數に於てケーブルの減幅定數を測定し得るものであつて、コンダクタンスを直讀し得られ、現在標準品の地位を占めるものである。尙、前記の結合測定器は昭和 16 年度に於て 0.01 nH の微少結合測定を行ひ得るやう改良せられた。更に昭和 11 年度に於て、漏話計と移相器との組合せ及び結合測定器に依る 2 種の零位法に依る漏話測定法を考案して良好な成績を収め⁽¹⁹⁾、又減衰器と移相器とを用ひ零位法に依り線路の印加電壓と遠端開放電壓とを比較し、以て線路の傳播定數を直讀し得る測定器を考案し⁽²⁰⁾、朝鮮海峽搬送海底ケーブルの試験に使用して好結果を得た。

搬送ケーブルの出現に伴ふ使用周波數の著しい上昇は從來のウィーン・ブリッジ、マックスウェル・ブリッジ等に對して新しく検討を要するに至り、昭和 12 年一點接地高周波

用一次定数測定ブリッジの誤差が主として各素子の時定数、損失に依ることが明らかとなり⁽²¹⁾、且その補償法が確立せられ⁽²²⁾、この方法は搬送周波用減幅定数測定器にも應用せられた。又本減幅定数測定器の誤差に關しても十分な検討が行はれ、誤差發生の諸原因を分析研究の結果、本器が 100 kc 或はそれ以上の周波數に於ても満足すべき性能を有することが確められた⁽²³⁾。又、前述の原理を應用した搬送周波用平衡型マックスウェル・ブリッジが昭和 13 年完成せられたが⁽²⁴⁾、本器はインダクタンス、抵抗を直讀し得る優秀器である。

線路の二次定数はその遠端開放及び短絡インピーダンスより算出せられるが、1 號 TB インピーダンス・ブリッジの簡便さと、4 號 TA インピーダンス・ブリッジの正確さとを兼ね備へるものとして昭和 12 年雲母蓄電器を備へ相當大きいアドミタンスを直讀し得るアドミタンス・ブリッジが試作せられ、昭和 13 年にはインピーダンスの大きいさ及び角を直讀し得る通信ケーブル用インピーダンス直讀計⁽²⁵⁾が發明せられた。本器は抵抗器と蓄電器のみよりなる零位法による測定器であつて、搬送周波數に於て充分な正確度を有する。尙昭和 13 年には本法による二次定数算出の簡便法の發表⁽²⁶⁾、又昭和 14 年には傳送計算尺⁽²⁷⁾の發明があり、本計算法による二次定数算出を著しく簡易化するに成功した。

この間に於て極めて損失少き線輪裝荷ケーブルの測定を要請せらるゝや、直ちにヘイ・ブリッジ、同調法及び置換法による測定法を立案し、共に満足すべき結果を得たが、標準測定器としては補償せられたヘイ・ブリッジが最適なることを明らかにした^{(28)~(30)}。この測定に於て誤差が 0.1% 以内の搬送周波用周波計の必要を痛感し、昭和 14 年抵抗器と蓄電器とよりなり且誤差補償装置を有する直讀式搬送周波用周波計を完成した^{(31)~(32)}。

同軸ケーブルに關する測定は搬送ケーブルに稍遅れて着手せられたが、昭和 12 年漏話計に依る外部導體內外面間結合インピーダンスの測定⁽³³⁾、相互に漏話を生ずることなき同軸ケーブル用遮蔽變成器⁽³⁴⁾の發明があり、昭和 13 年には極片間に遮蔽を有する高周波用スイッチ及び静電容量を零ならしめ得る可變空氣蓄電器⁽³⁵⁾が發明せられ、この兩者を使用して高周波用漏話計が試作せられた。又同軸ケーブル用複素結合インピーダンス測定器も同年度に試作せられ満足すべき結果を得た⁽³⁶⁾。

又近時搬送ケーブルに重信回線使用の案が成るや、昭和 15 年 P-S 結合測定器が完成せられた⁽³⁷⁾。尙前記各種測定器を發表する外、測定値の取扱方又は測定法に關し、一次定数算出係數表⁽³⁸⁾、リードが測定値に及ぼす誤差⁽³⁹⁾、遠端開放短絡法に依る二次定数算出法應用の限度⁽⁴⁰⁾、及び同方法に依る測定範圍擴張法⁽⁴¹⁾等に關し發表を行ひ從來無批判に取扱はれてゐた數値計算に對し明確な觀念を導入した。

3. 結 言

以上當所に於て完成せられた測定器は主として精密測定を目標とする定置用のものである。然るに現場用としても多數の測定器を必要とするのであつて、我々は今後は益々精密な測定器を研究すると共に、他方十分な正確度を有する輕便な測定器を製作し、以て外國の直輸入であり而も必ずしも上記の要求に副はない幾多の測定器を驅逐し、統一せられた規格に依る小數の日本式測定器を以て置換し得るやう努力しなければならない。

文 献

- (1) 福田舜一：信話誌 46, 488 (大 13)
- (2) 福田舜一：電試五部回報 不定系 1, 20, 171 (大 14)
- (3) 福田舜一：電試研 163 (大 15)
- (4) 福田舜一：電試五部回報 不定系 1, 19, 127 (大 14)
- (5) 福田舜一、山口勝太郎、成瀬定次：電試五部回報 定系 1, 2, 95 (昭 2)
- (6) 福田舜一：電試五部回報 不定系 1, 19, 169 (大 14)
- (7) 福田舜一、山口勝太郎：信話誌 52, 440 (大 14)
- (8) 福田舜一：電試研 163, 8 (大 15)
- (9) 福田舜一：日本特許 65518, 67373
- (10) 福田舜一：電試五部回報 不定系 1, 25 (大 15)
- (11) 福田舜一：信話誌 56, 464 (大 15)
- (12) 金谷雄一：電試五部回報 不定系 2, 49, 337 (昭 4)
- (13) 金谷雄一：信話誌 80, 1111 (昭 4)
- (14) 貞清玄龜、金谷雄一、成瀬定次：日本特許 117749
- (15) 貞清玄龜、金谷雄一、淵野 光、平川萬一：信話誌 161, 642 (昭 11)
- (16) 金谷雄一、平川萬一：電試堂 1, 4, 176 (昭 12)
- (17) 金谷雄一、入野廣光、平川萬一：電通會創立 20 周年記念大會豫稿 1 部 99 (昭 12)
- (18) 植村春三、小林 明：電試堂 5, 10, 449 (昭 16)
- (19) 金谷雄一：信話誌 165, 1133 (昭 11)
- (20) 久野 清、金谷雄一、平川萬一：信話誌 165, 1134 (昭 11)
- (21) 佐藤 齊：電試堂 1, 1, 22 (昭 12)
- (22) 小川建男、山中俊一、佐藤 齊：電通誌 177, 1104 (昭 12)
- (23) 小林夏雄：電試堂 2, 6, 29 (昭 13)
- (24) 小林夏雄：電試堂 3, 5, 305 (昭 14)
- (25) 小林夏雄：電試堂 2, 1, 15 (昭 13)
- (26) 小林夏雄：電試堂 2, 9, 588 (昭 13)
- (27) 植村春三：電試堂 5, 9, 400 (昭 16)
- (28) 山中俊一、佐藤 齊、小林夏雄：電試堂 3, 11, 706 (昭 14)
- (29) 山中俊一、小林夏雄、佐藤 齊：第 15 回聯合大會豫稿 287 (昭 14)
- (30) 植村春三、山中俊一、佐藤 齊、小林夏雄：電試堂 4, 3, 218 (昭 15)
- (31) 植村春三、小林夏雄：第 15 回聯合大會豫稿 78 (昭 14)
- (32) 植村春三、小林夏雄：電試堂 4, 2, 132 (昭 15)

- (33) 小川建男, 佐藤 齊: 電試彙 1, 11, 626 (昭 12)
 (34) 山中俊一, 鈴木正三, 佐藤 齊: 電試彙 1, 11, 622 (昭 12)
 (35) 山中俊一, 佐藤 齊, 岡間英雄: 電試彙 2, 10, 658 (昭 13)
 (36) 小川建男, 山中俊一, 佐藤 齊: 電試彙 2, 10, 661 (昭 13)
 (37) 植村春三: 電試彙 4, 11, 768 (昭 15)
 (38) 小林夏雄: 電試彙 2, 2, 100 (昭 13)
 (39) 植村春三: 電試彙 2, 9, 590 (昭 13)
 (40) 小林夏雄: 電試彙 2, 12, 814 (昭 13)
 (41) 鈴木正三: 電試彙 3, 6, 370 (昭 14)

第 8 節 電話機及び電気音響機器

電気試験所の創立は我が國電話事業の開始と略同時代であつて、その當時に於ける電話は専ら電話機によつて左右せられてゐたが、特に送話器は安定度、送話能率、構造等に幾多改良を要する點があつたので、各方面に於て盛んに研究せられた。

當所に於ける送話器の研究は明治 28 年中山龍次氏⁽¹⁾により行はれたのが始である。その研究論文に於ては、當時電話用として使用されつゝあつたガワベル送話器及びブレーキ送話器を音響學上より考察し又明瞭度試験を行ひ、如何なる特性を有する送話器を製作すべきかを指示してゐる。その後各方面に於ける製作研究の結果、總て國産化せられるに至つた爲、當所に於ける研究も送話器自體の研究より交換方式の相違による送話能率の優劣、線路の損失等に關する問題へ重點が移つて行つた。然しながらこの時代と雖も、通信局の照會により各種送話器の送話能率測定、外國製新型電話機の調査、或は送話器の試作研究等が行はれてゐる。

大正 14 年には堀江貞治郎氏⁽²⁾がソリッドバック送話器の諸性質なる論文を發表し、靜止抵抗の時間的變化、通過電流と出力音聲電流との相互關係等を詳細なる實驗結果に基づき明らかならしめた。その後仁科存外⁽³⁾氏はデルビル送話器用炭素粒の再生に關して研究を行ひ、高真空中の熱處理により新品同様の性質に回復せしめ得ることを發表し、甲斐藤太郎氏⁽⁴⁾は二號共電式送話器の炭素匣並に炭素粒に就いて、炭素匣容積と炭素粒重量との關係、大いさの異なる粒の配合割合、その場合の炭素粒塊見掛體積、電氣的特性等に關する調査を行つてゐる。

電話用炭素送話器の動作を研究する爲、中村顯一氏⁽⁵⁾⁽⁶⁾はその非直線歪を測定して、送話電流中に含まれる第二高調波は周波數により異なるも大略 5 乃至 7% なることを知り、更に非直線歪より考察したる炭素送話器の動作現象が從來の理論にて説明し得ぬ故、獨自

の見解により究明を試みた。追々我が國に於ても世界的趨勢に伴ひ送受器の使用が盛んになつて來たので、その構造寸法を吟味し、又通話試験に當り一定にすべき口と送話器との間隔寸法を決定する爲、居塚護、菅沼國三兩氏⁽⁷⁾は多人數の口と耳との關係位置寸法を測定してその統計的調査を行ひ、又高橋歳一郎、菅沼國三の兩氏⁽⁸⁾は電話用送話器の指向特性を測定吟味してゐる。これより先、加入者電話機の略試験法に關する研究として關雅雄氏⁽⁹⁾はこの目的に使用し得る音量指示器を試作し、加入者線の長短による送話電流及び受話電流の變化を測定した。

電話用受話器に關しては大正元年に利根川守三郎氏⁽¹⁰⁾が中村精次郎、野崎與吉の兩氏と共に發表した研究がある。これに於ては永久磁石の強さ、振動板の厚さ及び振動板と磁極片との間隔の相互關係が通話の良否に如何に影響するかは受話器設計に最も必要なる事項であるに拘らず、當時未だ斯かる研究が我が國は勿論、外國に於ても殆どなかつたのを遺憾とし、磁石式加入者受話器に就いてこれ等の影響を研究してゐる。而してその結果、永久磁石の強さは自己重量の 7 乃至 11 倍の重さを保持し、振動板の厚さは塗を除き 0.18 乃至 0.23 耗、振動板磁極片間隔は 0.4 乃至 0.45 耗の範圍にある受話器が安定にして良好なる通話を得るに最適であるとの結論に達した。

大正 3 年に野崎與吉氏⁽¹¹⁾は當時使用の磁石式送受器に於て受話器の通話能率が他のものに比して稍劣る傾向あることに着目し、これが改善策を攻究した。又大正 11 年に戸谷二郎氏⁽¹²⁾は當時磁石式増設受話器の接續方法に疑問があつたので、その電話機の送話並に受話能率の綜合的測定を行ひ、從來通り増設受話器は本受話器に並列に接續すべきことを確證してゐる。その後は動時インピーダンスの測定或は通話音量試験、明瞭度試験等により受話器特性の研究が行はれてゐたが、昭和 12 年より關雅雄氏⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾は小林孝夫氏と共に東北帝國大學附屬電氣通信研究所に駐在し、受話器試験の新方法として振動板に機械的衝擊を與へ驅動線輪に誘發せられる電壓波形を觀測することにより、動時インピーダンスの測定を行はずして容易に振動板特性を知り得ることを研究してゐる。

電話用磁石電鈴に就いては大正 3 年野崎與吉氏⁽¹⁵⁾がその感度に關する調査を行ひ、接極子と鐵心との間隔 0.8 耗、電鈴鐘相互間の距離 10.0 乃至 11.5 耗にして永久磁石は自己重量の 9 乃至 15 倍の支持力を有することが適當であると發表してゐる。又淺岡義彦氏⁽¹⁶⁾は多數共同加入選出信號電話機を考案し特許を得た。第一次歐洲大戰勃發により從來使用せられてゐた外國製材料の輸入困難となり電話用磁石發電機の磁石にも内地製品が用ひられるに至つたが、堀江貞治郎氏⁽¹⁷⁾は國産磁石發電機用磁鋼に就いて詳細なる試験結果を報告してゐる。又、荒川利雄氏⁽¹⁸⁾は磁石の品質低下による磁石發電機の起電力減

少を補ふには、發電子の構造を改良し能率よく巻線を收容することによつて容易にその目的を達成し得ることを實驗結果に基づき提唱した。

電話機の構造に關しては吉田小太郎、國島吉政兩氏⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾による使用上便利なる電話機の考案があり、三好良正氏は貨幣投入電話機⁽²¹⁾及び數字制御装置付ダイヤル⁽²²⁾の特許を得てゐる。

電話用機器の壽命試験は改良研究及び用品試験に極めて重要な事項であるが、吉田小太郎氏⁽²³⁾は電話用ダイヤルの壽命試験機を考案試作し且これによりダイヤルの壽命に關し詳細に亘る研究を行つた。この外同氏は送受器、電鍵、ジャックプラグ等の壽命試験機を、又高橋佐吉氏は鍍金試験器を試作してゐる。

電話機構成回路の問題として側音防止の研究は、近時電話機に於ける送受話器特に送話器感度の増大、送受器型式の一般的採用と社會活動の激化に伴ふ都市騒音の増強とにより極めて重要な問題となつた。吉田五郎、高橋歳一郎兩氏⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾は電話機防側音回路に於ける平衡結線網として非直線素子を含むものを用ひ、加入者線が最適状態より變化するも側音の増大することを避ける回路を考案し、又これに關する諸種の研究を行つた。

一般電氣音響機器に關する研究は、無線放送の發達と共に盛んに行はれるに至つたものであるが、當所に於てはマイクロホンに對し川添重義氏⁽²⁶⁾の研究があり、高周波電源を利用する新型容量送話器を得てゐる。このマイクロホンは、雲母薄板を振動板として利用したるものであつて、これを高周波發振回路に挿入し感度及び特性の改善が圖られてゐる。更に同氏⁽²⁷⁾は前記の高周波式容量送話器と可動線輪型高聲器とを用ひて無歪音響再生に關する研究をも行つてゐる。高聲器に關する研究には、和田英男氏⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾が圓錐型可動線輪高聲器に就いて音場測定により直接に求めた能率と、動時インピーダンス法により求めた機械的能率とを比較し、機械的損失が高聲器の特性に與へる影響を考察した論文、及び高聲器設計上注意すべき事項を詳細に検討した論文を發表してゐる。又谷村功氏⁽³⁰⁾は放送聴取用受信機の試験には高聲器特性をも含めた測定が必要なるに拘らず、昭和8年頃には未だ行はれてゐなかつたのを不都合なりとし、電氣入力より音響出力に至る綜合特性試験の必要を論じ、我が國に於て斯かる試験方法に先鞭を著けてゐる。

文 献

- (1) 中山龍次：電學誌 14, 82, 228; 14, 83, 290; 15, 85, 72 (明 28)
- (2) 堀江貞治郎：通學誌 50, 230 (大 14)
- (3) 仁科 存, 和地 源, 海老原敏夫：通學誌 155, 95 (昭 11)
- (4) 甲斐藤太郎：電試堂 2, 3, 159 (昭 13)
- (5) 中村顯一：通學第2回秋季大會豫稿 No. 92 (昭 11)

- (6) 中村顯一：通學誌 175, 824 (昭 12)
- (7) 居塚 護, 菅沼國三：電試堂 2, 6, 365 (昭 13)
- (8) 高橋歳一郎, 菅沼國三：通學第4回秋季大會豫稿 No. 45 (昭 13)
- (9) 關 雅雄：第12回三學會聯合大會豫稿 No. 159 (昭 12)
- (10) 利根川守三郎, 中村精次郎, 野崎與吉：電試研 10 (大 1)
- (11) 野崎與吉：電信電話研究會講演 (大 3, 8)
- (12) 戸谷二郎：通學誌 29, 52 (大 11)
- (13) 關 雅雄, 小林孝夫, 早坂直一：第15回三學會聯合大會豫稿 No. 132 (昭 14)
- (14) 關 雅雄, 小林孝夫, 早坂直一：通學誌 214, 16 (昭 16); 電試堂 5, 1, 9 (昭 16)
- (15) 野崎與吉：電信電話研究會講演 (大 3, 8)
- (16) 特許 30403 (大 5)
- (17) 堀江貞治郎：通學誌 3, 225 (大 6)
- (18) 荒川利雄：通學誌 10, 447 (大 7)
- (19) 實新 238941 (昭 12)
- (20) 實新 239853 (昭 12)
- (21) 特許 132488 (昭 14)
- (22) 特許 136267 (昭 15)
- (23) 吉田小太郎：通學誌 71, 173 (昭 4)
- (24) 特許 123311 (昭 12)
- (25) 吉田五郎, 高橋歳一郎：通學 20 周年記念大會豫稿 No. 104 (昭 12)
- (26) 川添重義：電試研 281 (昭 5); 三學會聯合大會豫稿 No. 90 (昭 5)
- (27) 川添重義：通學誌 88, 686 (昭 5)
- (28) 和田英男：電學誌 54, 548, 190 (昭 9)
- (29) 和田英男：通學誌 153, 937 (昭 10); 154, 48 (昭 11)
- (30) 谷村 功：通學誌 128, 1132 (昭 8)

第9節 特殊通信

1. 緒 言

かなり古くから「狼烟」を揚げて敵軍襲來の警報をなす如き廣い意味に於ける所謂一種の今日の光通信が行はれて居り、或は寫眞電送の如きものでも既に天保14年(1843)頃に Bain 氏に依つて試みられてゐる。普通現代人は通信と云へば、直ぐモールス通信や Bell 氏に依る電話等を聯想し、これ等特殊なる通信方式は最近に於けるものゝ如くに思ふも、その實は夙くから用ひられ或は考へられてゐたものである。然しながら、通信技術の進歩は寔に著しいものがあり、それに伴ひ現今これ等特殊通信は愈々發達し、種々新なる方法が考案され、或は改新されて現代社會の一つの重要な通信手段となつてゐる。當試験所に於て今迄に行はれた特殊通信の研究を大略列記すると、光線電話、寫眞電送、高

速度通信、秘密通信等があり、特殊通信の一手段或は設備となる録音装置に関する研究も行はれてゐる。次にこれ等の研究を前記各項目に分けて記述して見よう。

2. 光 通 信

Davy 氏は 1800 年頃既に弧光燈を發見し、これが光電話の光源として 1880 年 Bell 氏に依つて利用されてから、光通信技術は急速な進歩を遂げた。即ち Ruhmer(1904)、Stevens(1919)、Thirring(1919)、Majorana(1927)、Rolla(1930)、Schröter(1930)、等の研究があり、通信到達距離として 10 乃至 30 軒も得られてゐる。本邦に於けるこの方面の研究は甚だしく遅れ、昭和 5 年(1930)になつて漸く八木秀次氏に依つて光通信の弧光變調に関する研究が開始され、兎に角光を變調して受信側に於て高周波増幅を行ふことが出来た。その翌年、鯨井恒太郎氏は白熱電燈を送信光源とした光通信の研究を行ひ、又丹羽保次郎氏は弧光燈を光源とし振動鏡を以て光變調する光電話の實驗をなし、何れも通信到達距離は數軒であつた。又昭和 7 年堤秀夫氏は弧光燈を光源としケルセルを以つて光變調する光電話の研究を行ひ、通信到達距離として 2.1 軒を得た。その後本邦に於ける光通信はかなり發達してゐるも、秘密通信として警察電話や戦時用に供せられるので、餘り變つた結果を得たと云ふ發表を見ないが、現在相當に實用化されてゐる。當試驗所に於ては、鈴木重夫氏が昭和 6 年に光源の輝度に関する研究より發展して、高周波を含める交流電壓及び脈動電壓に依る真空タングステン纖維電球に関する溫度脈動に就いて詳細なる計算を行ひ、その結果白熱纖維電球の電壓變調を利用する光線電話に於て、時に起る受話音の中絶現象は音の大きさの變化に伴つて生ずる極めて大きい溫度の變動に依るものであつて、この現象は容易に除去し得るものであることを明らかにした⁽¹⁾。更に進んでこの計算より脈動光源用電球に於ける變調度を高める爲に板狀の纖維に放熱突起を付けて纖維の冷却速度を増加したり、固體を纖維に近づけ又は附着せしめ、その固體の良熱傳導性を利用して纖維の冷却を進めたり、或は長さ 5 耗以下の纖維の兩端を放熱用端子に接続し、その纖維を所要の溫度に加熱するに要する電流を然らざる場合該纖維を同溫度に達せしむるに必要な電流の 1.4 倍以上になる様にしたり、或は又纖維の太さ、厚さ又は幅の小なる部分を作り該部分を隣接部分よりも高温になる如き構造にする各種考案がなされた⁽²⁾。かくの如く白熱電球の光を直接印加脈動電壓により變調する方法の外、偏光子と檢光子との間にケル効果の生ずる物質を置き、該物質内に回轉靜電界を生ぜしめ、ケル効果の偏光面を回轉して透過光線を變調する方法をも考へられた⁽³⁾。然しながら前記構造の白熱電球に水素ガスを封入して纖維の冷却度を高め變調度を著しく増大せしめ得る方法⁽⁴⁾を考案し、これが光通信に用ふる時前記外國人の示せる通信到達距離以上の通信が可能であり、國內に於

て全く實用化し得る状態に迄到達した。鈴木重夫氏のこの研究發表後、外國雜誌にもこの種類の研究が現れてゐるのは欣快に耐へない。尙後で敷衍するが、この光變調度の高い水素ガス封入白熱電球は寫眞電送に於ける送信或は受信光源として或は光録音の光源として利用しても優れてゐる。その他、昭和 12 年光通信の能率を増大すると共に多重通信も行ひ得る爲に、外部の光線を遮蔽する導管に信號光線を傳送する光線通信方式に関する根岸博、關壯夫兩氏に依る考案がある⁽⁴⁾。

3. 寫 眞 電 送

寫眞を電送すると云ふ考へは 100 年も前からあるが、本邦に於てこれが初めて紹介のあつたのは明治 11 年(1878)で、中央電信局の開業式に工部大學教授アーリンコート氏が化學作用を利用した書畫電送機の實演を行つた。又明治 22 年玉木辨太郎氏は記字電信機に関する講演をした。かくしてゐる内に海外では、1925 年 Bell Laboratories に於て所謂 A.T.T. 式として研究が完成され、從來の電送装置に對し一新紀元を劃したのである。その翌年この方式に依り New York・Chicago・San Francisco 相互間に電話線を以て電送業務が開始せられ、翌々年にはその他重要都市に迄擴張せられ、米大陸電送網の完備を見るに至つた。歐洲では Telefunken 式が 1928 年 Berlin Wien 間に使用された。又一方、無線技術の長足の進歩と相俟つて種々なる無線寫眞電送の實驗も行はれた。1922 年に初めて Korn は歐米間の無線寫眞電送に成功を収めたが、これは Te'autograph の原理に依る極めて不完全なる電送法であつた。その後 R.C.A. 社は 1925 年 Ranger の作つた電送装置を以て長波に依る無線寫眞電送を開始した。その後改良せられて、1931 年短波により New York から Berlin への電送に成功した。前述の如く、大正 14 年(1925)頃より寫眞電送が業務用として用ひ得られる迄に發達して來たので、本邦でも同年東京・大阪間で Korn 式に依り初めて野外電送實驗を、又その翌年 Belin 式に依り有線並に無線電送實驗を行つたが何れも満足な結果を収め得なかつた。然しその頃數多の人々は電氣學會等に於て盛んに寫眞電送に関する講演を試みて通俗化すべく努めたものである。その内でも丹羽保次郎、小林正次兩氏は昭和 2 年寫眞電送方法に關し新しき着想を得て實驗を開始し翌年 4 月に至つて新方式を完成しこれを NE 式と命名した。かくして昭和 3 年秋御即位の御大典の行はれる時に至つて東京大阪兩朝日新聞社、日本電報通信社及び大阪毎日、東京日日新聞社等は専用線を以て寫眞電送を實施した。前 3 者はシーメンス式を用ひ、後の大阪毎日、東京日日新聞社は最初 Belin 式を設備したるも不充分なる爲 NE 式に改めた。又逓信省では昭和 5 年 8 月寫眞電報を開始した。

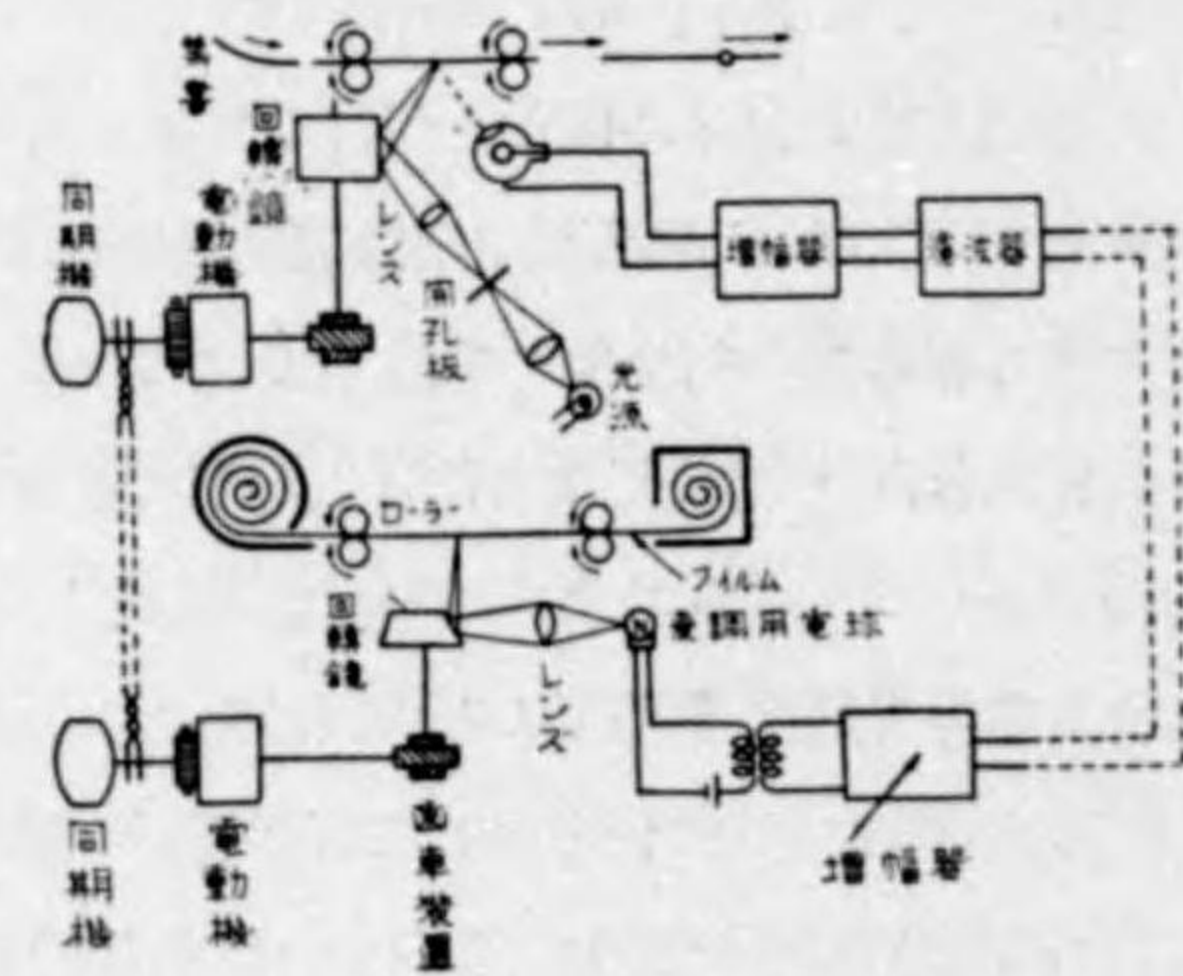
無線寫眞電送に關しては、昭和 6 年に東京・大阪間で、その後東京・臺灣間に於て實驗せ

られ、昭和11年には Berlin よりオリンピックの實況を電送した。越えて昭和13年 NE 式を以て東京・臺北間に正式無線寫眞電送業務の開始せるを發端として、昭和15年には東京・上海間に次いで歐米諸國間と無線寫眞電送業務の開始をも見るに至つた。本邦の寫眞電送の研究はこれが實用化し得る時期に至つて取急ぎ開始せられたる感あるも、無線寫眞電送に於ては海外の先進國の各方式に比して勝るとも劣らざる状態に迄なつた。他方、模寫電送方式は初期の寫眞電送方法として考案せられたものであるが、こゝ2~3年前よりこれが放送新聞放送寫眞=ユース用として喧傳せられ、米國に於ては目下實驗的に實施せられてゐる状態であり、又通信業務用としても簡易且高速度なることが重要な問題となつて來た。

こゝに於て模寫電送方式の研究は寫眞電送に關する最重要研究題目の一つとなつた。當試驗所に於ける寫眞電送に關する具體的研究は極く最近のことで、主として模寫電送並に高速度電送に對してなされた。鈴木重夫氏は脈動電壓に依る白熱電球の變調の研究に引き続きこの特殊電球を受信側の複調光源として用ひた高速度連續寫眞電送装置を試作した⁽⁵⁾。その装置の概略圖は第1圖の通りである。この装置では送らるべき葉書(送信用紙)

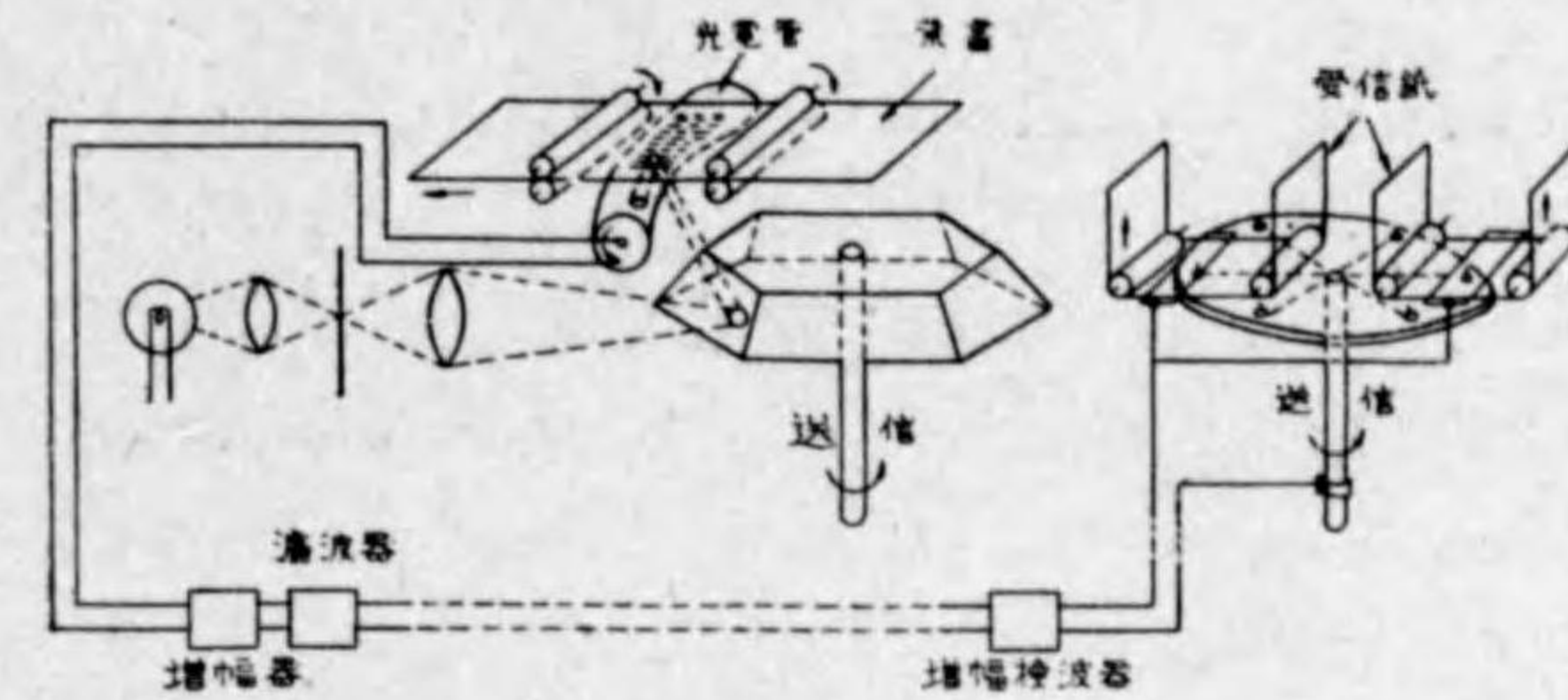
は順次送信用紙のローラーに繰り込まれ、装置内で走査が終ると自動的に装置外に繰り出される。葉書が送信用紙内を通る間に、光源、レンズ、開孔板、レンズ及び回轉鏡の順に通過又は反射した光が該葉書面上に極めて鮮明な光點像を結び、この光點が略1/4圓弧を以て葉書面上を走査する。葉書面からの亂反射光を通常の寫眞電送装置と全く同様に光電管に受け、その光電流は増幅され濾波器を通つて受信装置へ送られる。受信側に於ては更にこれを増幅して直流電流を通じてある變調用電球に搬送波の儘印加重疊される。

この送受信の際、レンズ位置を調節して光源の焦點を總て回轉鏡の回轉軸の上に結ばしめてあるから、走査光點が送信並に受信用紙を等速度を以て走査する事が特徴となつてゐる。かく走査光線速度に歪無く連續送受信を行ひ得る簡易寫眞電送の先鞭をつけたのは功績と云へる。次に同氏の行つた實驗の常數を示すと、走査線密度 22 本/樞、搬送周波 5,000~, 回轉鏡の回轉數 3.81 回/分、同期周波數 50~, 帶域濾波器の通過範圍約 5,000



第 1 圖

±2,000~ であり、搬送波の發生方法としては 1 樞に 22 本の線を縦に記入した送信用紙を使用した。この場合葉書 1 枚 (9×14 樞²) を送るに要する時間は 20 秒であつた。然しながら、この水素ガス入白熱電球を利用せる回轉鏡走査法に依る寫眞電送連續送受信装置に於ては、送信部はその走査光點の大いさ並に形狀が走査圓弧の中央よりずれた場所では歪を生じ、而もその部の光電管感度もその中央と兩端とに於て相違する。大橋幹一、奥野治雄、神下金太郎氏等⁽⁶⁾は、これ等の缺點を除去する爲に、第1圖の如き截頭正四角錐又は正六角體回轉鏡を用ふる代りに、截頭正六角錐と、光電管としては球狀でなく走査光點が畫く圓弧の 1/6 と略同長の弓形にせるものとを設けた送信装置を使用した。



第 2 圖

又受信方式としては前記の如く寫眞フィルムを用ひるのでなく、後述の電氣記録紙を用ひ正六角なる平面板の各角に放電針を設けて前記回轉鏡と同一速度で回轉走査する方法を採用した。この實驗に用ひた回轉鏡走査法に依る連續式葉書電送送受信装置の概略圖は第2圖の通りである。この装置を以て搬送波を 1,700~, 傳送周波數を 1,000~乃至 2,400~ に選定して送受信の實驗を行へる結果に關し、特殊送信用紙⁽⁵⁾を利用せる受信記録の一例を示すと第3圖の通りであり、走査線密度は 1.7 本/樞、記録速度は 1 米/秒、送信速度は葉書大約 20 秒であつた。これより先大橋幹一、奥野治雄、神下金太郎氏等は昭和 12 年以降、高速度簡易寫眞電送用としては光學的方法是寫眞フィルムが經濟的に操作の複雑なる點等より不向きであり、又、從來の濕式電氣化學的方法是受信速度、鮮明度、濕氣處理等に難色があるを以て、これ等兩方法の良點のみを兼備せる方法を考案中のところ、乾式の儘



第 3 圖

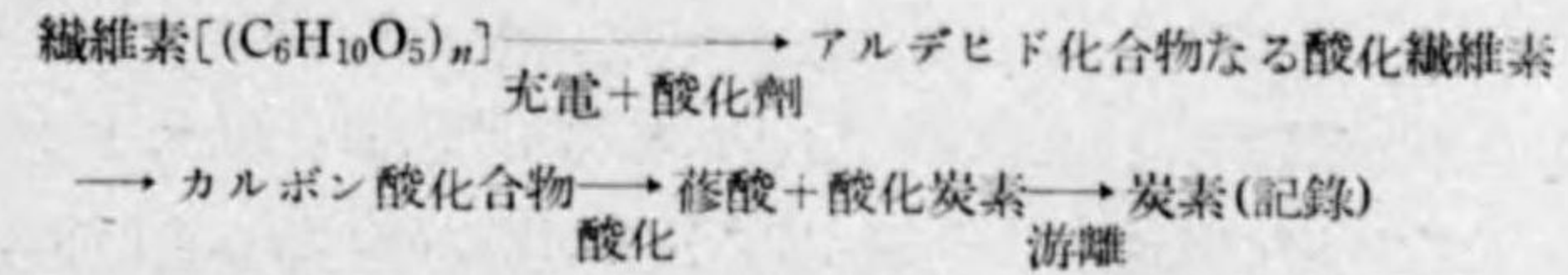
導電性を保有せしめ放電して記録すれば、受信に際し記録速度が高まり、受信畫の鮮明度が向上し、受信前後の各種處理が不必要であり、而も受信用紙が廉價である等の諸點に利點が存在することを明らかにした⁽⁶⁾⁽⁷⁾。即ちその一つの方法として、風化性含水結晶を作る化合物、潮解性含水結晶を作る化合物、含水結晶を作り酸化力大なる化合物の夫々の水溶液を用紙に夫々別々に浸潤して乾燥する三處理を順次繰返へせば、各化合物の結晶の層を有する所要の受信用紙が得られ、略大氣の湿度に關係なく乾燥状態の儘大略一定の導電



第 4 圖 (縮尺 1/2)

性を保有するに至る。茲にその一例として第一並に第三處理の役割を兼備せる Al_2SO_4 5% 溶液の處理と $CaCl_2$ 10% 溶液處理とに依る受信機の記録成績を示すと、第4圖の通りになる。これに依ると、記録速度は 1 米/秒 迄上げても充分である。然しながら海外で行はれてゐる電氣化學的寫眞電送では記録速度は 30 輒/秒前後が最も多く 60 輒/秒に達するものは極く稀に見る程度である。前記諸氏はこの方法を放電酸化記録方法と命名し、こ

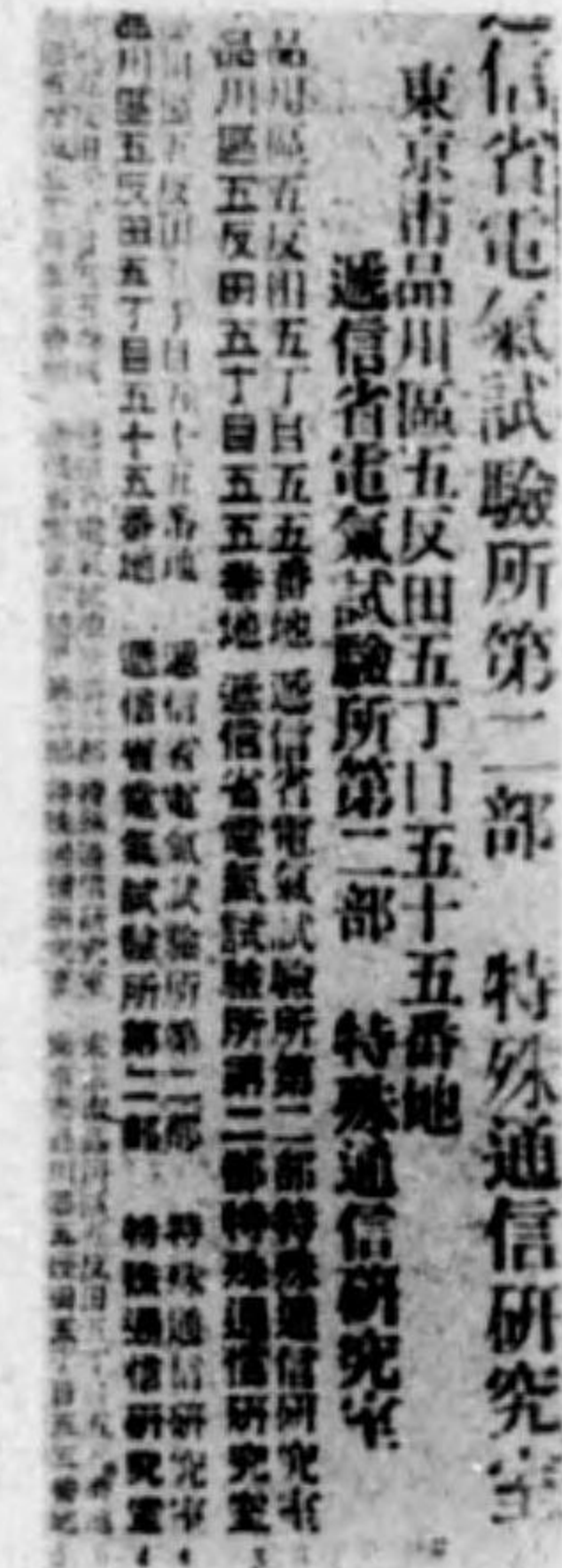
の記録を行ふ機構を簡単に示すと、



或は又順次導電性大にして色を異にせる 2 個以上の層より成る記録紙と尖端を有する電極との間に受信電流を通じてその 1 個以上の上層を放電破壊することに依り乾式の儘複合色電氣記録を行はんとする方法も考案され、前記諸氏はこれを放電破壊記録方法と名付けた。その記録の一例を示すと、第5圖の通りで、これは充分炭素粉を漉き込みたる基紙に比し導電性小なる赤色 HgS の層を石炭酸樹脂を接着劑として設けた記録用紙に記録速度 1 米/秒を以て記録せる成績である。或は又記録紙に風化性並に潮解性結晶水を有する金屬化合物の溶液を夫々別々に浸潤せしめて乾燥する事に依り導電性を保有せしめ、その上記録時に硫化水素を發生する化合物を塗布して乾燥せるものを使用し、受信電流に依り記録紙を直接酸化すると共に硫化記録する方法も考へられた。他方それ等の放電記録機構を明らかにすると共に螺旋放電々極と濕潤ローラーとを利用せる装置に依り良好なる連続記録が得られ、而も交直流を重疊せる放電を利用せば、記録感度並に鮮明度が高まることを明らかにした。その他、曾根有氏⁽⁸⁾は電氣裝置に關聯して寫眞電流を傳送すべき電路以外に別に同期電路を用ひずその搬送波に依り同期せしめる各種同期方式を考案し、又鈴木重夫、奥野治雄、神下金太郎の諸氏⁽¹⁰⁾は特殊寫眞電流波形の挿入に依る單側帶波電送方式を考へ傳送路の經濟を計らんとした。曾根有氏⁽¹¹⁾は又可燃性圓筒面上に絲を巻き取りて受像を行ふことを特徴とする航空機等振動の多い所に適する寫眞電送受像方式をも考へた。又食鹽と鐵の青化物を用ひ青寫眞と同一原理で白色の受信畫を得んとする黒田農、相島武夫、大木精三氏等の模寫電氣受信方式の考案⁽¹²⁾もある。

4. 高速度通信

電氣通信が発達するに伴ひ、益々傳送路並に送受信時間の經濟化が問題となつて来る。當試驗所に於ても、昭和6年頃より高速度通信の問題が原口猷一氏によつて採り上げら



第 5 圖 縮尺 1/2 4本/耗

れ、光電式高速度電信自動送信機の考案があり⁽¹³⁾、試作機は最高 2,000 ボー迄送信出来た。これに対する受信装置として磁気記録式高速度自動受信機が試作され、大體和文 5,000 字/分程度の記録受信が可能となつた。然しこれを再生して印字するには磁気記録装置の線速度をサイフォン記録機が良好に動作する範囲和文約 800 字/分以下に低下して行はねばならなかつた。かくの如く再生して印字する不便を除く爲に、松村定雄、原口猷一、許斐貢氏等は噴射式高速度電信自動記録機を考案試作し⁽¹⁴⁾、これに依る時 1,200 ボー(和文約 5,500 字/分)迄の印字を良好に行ひ得た。この性能は通信の要求速度を充分満足せしめ得るものであつて、勿論經濟上即ち運用上の諸要求をも充分に満たし實用されつゝある。その他、電子線を記號電流を以て變調し、寫眞感光面上に記號或は文字を確實に自動的に印字して受信する超高速度印字通信方式に關する難波捷吾、關壯夫氏等の考案もある⁽¹⁵⁾。

5. 秘密通信

電氣通信の發達と共に、通信の秘密を確保することが一つの重要な要求となりつゝある。搬送電話の發達した現在に於て、搬送波で傳送すること自體も一つの簡易なる秘密通信である。然し現在の文明は通信に高度の秘密性を要求し、特に軍事上に於て然りとす。當試験所に於ては、昭和 10 年飯沼元氏⁽¹⁶⁾は秘密通信の各種方式に關する詳細なる調査を行つた。この調査報告では各種方式は基礎と複合との二方式に大別され、前者は更に音聲電流に技巧を加へたるものと搬送波に技巧を加へたるものとに分ち細部に亘つての利害得失の検討も行はれた。その後、松村定雄、許斐貢氏等は言語音を斷續した場合の了解度及び明瞭度に關する實驗を行ひ、了解度及び明瞭度は斷續周波数が略 50~ なる時最大値を示し、而もその低下は極く僅かであることを見出した⁽¹⁷⁾。松村定雄、關壯夫氏等は前記結果に基づいて原音波形を適當なる時間間隔に分割し、各部の分波形より夫々その一部を選出し、これと相似の變化を前記時間間隔に略等しい時間内に行ふ部分波形として組合せて得たる波形の信號を送信し、受信側に於てこれを元の原音の斷續波形に再生變換して聴取する占有周波帶縮減通信方式を考案し⁽¹⁸⁾、通信周波帶を經濟的に使用すると共に通信の秘密を確保し得た。又別に吉田五郎、松崎武夫氏等⁽¹⁹⁾は音聲周波帶域を送信側に於て高域及び低域の上下二帶域に分離し、その下部帶域電流を壓縮したる後、上下兩帶域を同一周波帶域に重合して送信し、受信側に於て受信電流で適當な搬送波を變調し、兩側帶域中の低域周波部分を送信側の壓縮特性と逆關係に伸長せしめて再生音聲電流となす狭帶域通信方式を考案し、明瞭度を比較的低下することなく傳送周波帶域を縮小して高度の秘密性を得た。その他、難波捷吾、關壯夫の兩氏は電子的に信號の記録を行ふ手

段並に信號の記録より電子的に傳送信號を發生する手段を電子的に信號を再生せしむる手段に特定の關係に於て連絡する手段を保有する秘密通信方式を考案し、秘密確保の程度大にして而も再生後の音質良好であつた⁽²⁰⁾。

6. 録音

エヂソンが錫箔を貼つた圓筒に針を用ひて録音したのは今から 60 年も前の古いことではあるが、實際有効に利用される様になつたのは真空管が發達してこゝ 10 年來のことである。最近では音聲の記録以外に秘密通信、音聲托送通信、新聞通信、反覆音聲發生装置、録音放送、高速度通信等の特殊通信方面、その他通信回線に於ける故障、誘導、漏話電流等の記録並に波形分析等への利用が考へられ、益々重要性を加へて來た。

磁気録音は記録線が再三繰返し利用出来て經濟的であり、音聲の記録、再生、保存等の操作が簡單で通信方面への應用が最も有望であつたので、當試験所に於ても、昭和 10 年以降奥野治雄、福永士郎、津田克藏、木練清藏氏等に依つて取扱はれ⁽²¹⁾、廣帯域録音方式、重要周波帶のみを選択し狭帯域になして記録する低速度記録方式を以て音聲明瞭度を高めたり、或は雑音發生を防止する方法が考へられ、又雑音周波に相當する周波帶部分を他より高めて記録し再生時に逆に壓縮する記録再生方式に依り雑音を輕減したり、記録再生に壓縮、伸長器を利用して雑音を縮小し、或は特殊磁氣材料の組合せより成り尖鋭なる端を有する記録並に再生の積層鐵心を利用して記録再生感度を高め或は高周波帶迄の記録を可能ならしめた。その他二重記録に依る記録體の節約を計る録音再生方式等各種方式を考案した⁽²¹⁾⁽²²⁾。記録帶に關しては特に炭素鋼に就いて熱處理の研究を行ひ、焼戻し温度約 550°C が最適なるを見出し、又硬磁性體粉と軟磁性體粉との適當なる混合物を塗布せる磁気録音用記録線又は帶をも考案した⁽²³⁾。これ等の研究成果に従ひ本邦で最初に鋼帶磁気録音装置を試作し、周波數特性並に無歪記録再生音の強さの範圍を夫々 100 から 6,000 乃至 7,000~ 及び約 50 db なる結果をも得た⁽²³⁾⁽²⁴⁾。目下、高梨製作所に於て當所磁気録音關係の各種特許が實施せられてゐる。次に種々なる立場より磁気録音装置の應用方面を考究し、例へば新聞通信、無線放送、速記装置、遅延装置、音聲托送通信、電氣測定への應用等が考へられ⁽²⁵⁾、特にこれを利用せる過渡現象測定装置を試作して波形並に周波數の分析を行つた⁽²⁶⁾。又岡田成敏、本莊正人、井上正彦氏等により光録音フィルムを使用した自動交換に於ける話中音装置、報時装置の試作研究が行はれ、一部に既にその試験的實施を見てゐる。磁気録音装置は一面に於て巻き戻し時間を要し、音聲托送通信その他通信事業用として取扱ひに不便であり、これが爲に即時録音再生装置の機構も考案されたが、奥野治雄、川本一郎、吉田正雄氏等は記録盤にセルロイドの如き纖維素誘導體を用ひ

た機械録音装置に於て溶剤を利用して簡易にその記録を抹消し以て記録盤の經濟を計り而も録音再生の時間を節約する方法を案出し、これが記録盤の組成並に高感度の記録再生器に關し研究を行つた⁽²⁷⁾。その他、一樣なる細流の「インク」等の記録物質に對し記録面を振動せしめてそれに記録物質の濃淡記録を生ぜしめ、簡易なる録音或はその類似記録に用ひんとする曾根有氏の考案⁽²⁸⁾もある。

7. 結 言

當試験所に於ては、かくの如く多方面に亘り特殊通信に關し研究が行はれ、水素入白熱電球を利用せる光線電話、噴射式記録に依る高速度通信自動記録装置の實用化を見、又銅帶磁氣録音装置に關する特許は高梨製作所で實施され、これが商品は一般市場に出んとしてゐる。その他、導電性を保有する受信用紙並に回轉鏡走査方式を用ひた簡易寫眞電送連續送受信方式も近き將來に通信事業用として登場する運びとならう。

文 献

- (1) 鈴木重夫, 飯塚利男: 電學誌 820 (昭 6); 鈴木重夫: 第 2 回工學大會電氣部會豫稿 87, 147 (昭 7); 電學誌 52, 734 (昭 7); 電學誌 52, 533, 958 (昭 7); Dempa 1, 3, 242 (昭 8)
- (2) 鈴木重夫: 特許 111613, 111840, 110218, 113579
- (3) 鈴木重夫: 特許 103238
- (4) 根岸 博, 關 壯夫: 特許 125946
- (5) 鈴木重夫: 電通誌創立 20 周年記念大會; 鈴木重夫, 永井虎雄: 特許 115768, 實新 22258; 鈴木重夫: 特許 115362
- (6) 大橋幹一, 奥野治雄, 神下金太郎: 第 15 回聯合大會豫稿 427 (昭 14); 電通技術委員會第二部會報告 (昭 14)
- (7) 大橋幹一, 奥野治雄, 神下金太郎: 電通誌第 4 回秋季大會豫稿 104 (昭 13); 特許 135448, 137665, 140326; 大橋幹一, 奥野治雄: 特許 135449; 奥野治雄, 木練清藏, 本郷杉太郎: 電試彙 4, 3, 10 (昭 15); 奥野治雄, 杉本伊三己: 電試彙 2, 12, 24 (昭 13)
- (8) 奥野治雄, 津田克藏: 第 4 回工學大會電氣部會豫稿 69 (昭 15); 奥野治雄, 神下金太郎: 第 17 回聯合大會豫稿 208 (昭 15)
- (9) 曾根 有: 特許 85205, 83419, 88247, 94601
- (10) 鈴木重夫, 奥野治雄, 神下金太郎: 特許 138100
- (11) 曾根 有: 特許 115895
- (12) 黒田 農, 相島武夫, 大木精三: 特許 139241
- (13) 原口猷一: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 91 (昭 11); 原口猷一: 電試彙 1, 4, 168 (昭 12); 原口猷一: 特許 130860, 94352
- (14) 松村定雄, 原口猷一: 第 12 回聯合大會豫稿 56 (昭 12); 松村定雄, 原口猷一, 許斐貢: 電通誌第 4 回秋季大會豫稿 238 (昭 13); 原口猷一: 特許 127200
- (15) 難波捷吾, 關 壯夫: 特許 120590
- (16) 飯沼 元: 電試調 101
- (17) 松村定雄, 許斐 貢: 電學誌 57, 589, 712 (昭 12)
- (18) 松村定雄, 關 壯夫: 特許 122577
- (19) 吉田五郎, 松崎武夫: 電通誌第 4 回秋季大會豫稿 116 (昭 13); 特許 135022
- (20) 難波捷吾, 關 壯夫: 特許 135511
- (21) 奥野治雄, 福永士郎, 小山良太郎: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 25 (昭 11); 奥野治雄, 津田克藏: 電試彙 2, 4, 12 (昭 13); 奥野治雄, 福永士郎: 特許 116413, 123504, 131378, 133263; 奥野治雄, 木練清藏, 杉本伊三己: 特許 133407; 奥野治雄, 津田克藏: 電試彙 1, 5, 1 (昭 12); 津田克藏: 實新 278193
- (22) 福永士郎: 實新 265273, 239269, 259011, 253310
- (23) 奥野治雄, 木練清藏: 第 12 回聯合大會豫稿 18 (昭 12); 奥野治雄, 木練清藏, 橋本三治: 電試彙 1, 10, 6 (昭 12); 3, 2, 9 (昭 14); 奥野治雄, 木練清藏, 鍵和田好男: 電試彙 2, 7, 6 (昭 13); 奥野治雄, 木練清藏, 松井正雄: 電試彙 4, 7, 16 (昭 15); 津田克藏, 鍵和田好男: 電試彙 2, 8, 9 (昭 13); 奥野治雄, 福永士郎: 實新 243524
- (24) 奥野治雄, 田山國雄, 杉本伊三己: 電學誌第 12 回聯合大會豫稿 18 (昭 12); 奥野治雄: 1, 4, 20 (昭 12)
- (25) 奥野治雄, 福永士郎: 第 2 回信話誌秋季大會豫稿 1 部 920 (昭 11); 奥野治雄: OHM, 24, 1 (昭 12); 放送 7, 2, 16 (昭 12); ワット 10, 3, 18 (昭 12); ワット 11, 12, 15 (昭 13); ラヂオの日本 25, 1, 7 (昭 12); ラヂオの日本 25, 2, 32 (昭 12); 奥野治雄, 津田克藏: 第 15 回聯合大會豫稿 239 (昭 14)
- (26) 奥野治雄, 津田克藏, 鍵和田好男: 電學誌 58, 599, 517 (昭 13); 電通誌第 4 回秋季大會豫稿 137 (昭 13); 電試彙 2, 7, 12 (昭 13); 奥野治雄, 福永士郎: 特許 123949; 津田克藏: 特許 139441
- (27) 奥野治雄, 相島武夫, 田山國雄: 電通誌創立 20 周年記念大會豫稿 2 部 100 (昭 12); 奥野治雄, 吉田正雄: 電試彙 1, 3, 6 (昭 12); 奥野治雄, 川本一郎, 本郷杉太郎: 電試彙 2, 2, 6 (昭 13); 奥野治雄, 川本一郎, 吉田正雄, 電試彙 3, 1, 5 (昭 14); 仙波 猛, 奥野治雄, 福永士郎, 青江一郎: 特許 127394; 川本一郎, 本郷杉太郎: 特許 140756
- (28) 曾根 有: 特許 115101

第3章 無線通信に関する事項

第1節 無線通信方式及び機器

1. 緒言

我が國に於ける無線通信の研究は、Marconi氏によつて無線電信なるものが發明された翌年の明治29年、當時、逓信省電務局の一分課であつた電氣試験所が初めて着手したのである。爾來、軍用は別として、一般無線通信の實用化に對しては電氣試験所が中心となつて研究を進めて來たといつてよいのであつて、その研究範圍は無線通信及びその應用の殆ど全般に亘つてゐるのであるが、本節に於ては無線通信方式及び機器に関する研究の中、主なる事項に就いて概説する。

2. 無線電信に関する研究

無線通信に関する初期の研究は、勿論、無線電信に関するものであるが、その頃の無線電信装置は、極めて簡單なもので、送信の方と云へば、單一火花間隙を使用する原始的な火花送信機であり、又受信機としては、Marconi氏のファイリング・コヒーラーと稱する幼稚な檢波器を使用するものであつた。

その中でも特に檢波器の性能が劣つて居り、その爲に通信可能距離が制限されてゐるといふ状態であつた。従つて電氣試験所に於ける無線の研究も、最初の頃は檢波器の改良といふことに主力が向けられたのであつて、その結果、ファイリング・コヒーラーに代るものとして、水銀檢波器、マグネット・デテクター、タンタラム檢波器、エックス檢波器、鑽石檢波器⁽¹⁾といつたものが相繼いで考案發明されるに至つたのであるが、このやうに檢波器の研究が進むにつれて、無線電信の通信距離も著しく擴大されたのである。

實地試験に於ては、先づ明治32年、下總津田沼・上總八幡間の海上10哩、上總八幡・相模大津間の海上29哩、下總船橋・相模大津間の海上34哩に於ける通信に夫々成功し、更に明治36年には長崎と基隆間の海上600哩の長距離通信に成功するに至つた。

一方陸海軍も亦逓信省と前後して無線電信の研究に着手した。殊に海軍に於ては明治33年、海軍無線電信調査委員會なるものを設け、3年以内に80哩の通信距離を得んとする目標で研究を進めた。この委員會には逓信省からも技術者が参加し、鋭意研究の結果、豫定の3年を経ずして80哩の通信を確實に行ひ得るに至つたのであつて、その努力が遂に日本海大海戦に於て偉功を樹てしめるに至つたのである。哨艦信濃丸から發せられた

「敵艦見ゆ」なる無線信號が戦勝の端を爲したことは餘りにも有名であり、我が國の無線通信發達史に於て特筆すべき事柄である。

かくして我が國の無線電信は著しく發達して來たので、逓信省に於ては、明治41年5月、千葉縣銚子に我が國最初の無線電信局を設置する一方、船舶にも無線電信局を設置して、陸上船舶間に公衆通信を開始した。併し、その當時の無線電信設備は未だ簡單な火花式送信機とコヒーラー又は水銀檢波器とを使用するもので、その通信距離も100哩を出なかつたのであるが、その後、鑽石檢波器が發明され、又大正2年瞬滅火花式送信機が發明されるに及び、無線電信通信は急激な進歩を見るに至つた。

火花式無線電信に次いで電弧式及び發電機式無線電信が國際間の長距離通信に利用せられるやうになつた。真空管が實用化されるに及び、無線通信は革命的發展をなし、無線電信も漸次真空管式に置換へられるに至つた。我が國に於て初めて真空管式送信機を實用無線電信に使用したのは、大正12年6月で、銚子無線電信局に設備したものである。

このやうな無線電信の發達進歩に對しては、電氣試験所に於ける研究の貢献するところ極めて大であると云はねばならぬ。

3. 無線電話に関する研究

電氣試験所に於ける無線電話の研究は明治40年頃に始まる。無線電話を實現する爲には、どうしても持続電波を使用しなければならぬといふことから、最初はプールの電弧發振機を無線電話の目的に利用しようとして種々研究を進めたが、これは遂に實を結ぶに至らず、結局、プールの電弧發振機を利用する無線電話の研究は一應打ち切りとし、更に別な方面から無線電話の完成に向つて調査を進め、苦心研究の結果、遂に明治45年の初頭、故鳥潟右一、横山英太郎、故北村政次郎の3氏により、所謂TYK式無線電話機なるものが發明せられたのである⁽²⁾。TYK式無線電話は特殊の火花放電間隙⁽³⁾を利用する一種の火花式無線電話であつて、この發明は當時世界的に名聲を博したものである。

TYK式無線電話の發明と同時に、これが實用化に関する研究に着手し、先づ最初の通話試験を京橋區木挽町の逓信省電氣試験所と芝區の逓信官吏練習所との間約1.5kmの距離に於て行ひ、續いて通話可能距離を調べる目的で、海底線布設船沖繩丸を東京灣内に回航させ、それと逓信省構内との間で通話試験を行ひ、40kmまでの通話に成功した。

このやうな實地試験の結果から、更に装置に改良を加へ、大正2年には、横濱、神戸、門司、大阪、長崎の諸港に於て、入港する船舶と陸上間で通話試験を行ひ、更に大正3年には、伊勢灣口の鳥羽と、鳥羽から7km離れた答志島と、鳥羽から14km、答志島から7kmの距離にある神島と、この3個所に無線電話機を装置して、相互間に通話試験を

行ひ、良好な成績を得たので、逓信省に於ては、大正5年4月から、その3個所間に無線電話による公衆通信の事務取扱を正式に開始した。これは我が國に於ける無線電話實用の最初のものであるのみならず、實に世界に於ける無線電話實用の先驅をなすものである。

國內に於ける TYK 式無線電話の研究概要は以上の通りであるが、一方諸外國への進出にも目覺しいものがあつた。即ち英米獨佛各國の特許を獲得する外、英米には直接装置を持參して立會實驗を行ふなど、我が國技術の海外紹介に貢献するところ大なるものがあつた。

かくして TYK 式無線電話は實用化され、無線通信に一大進歩をもたらしたのであるが、一方、明治40年前後、Fleming, De Forest 兩氏によつて發明された真空管も、大正3~4年頃に於て遂に實用の域に達し、茲に無線通信は革進的飛躍をなして、所謂真空管式無線通信時代を出現することゝなつたのである。

電氣試験所に於て本格的に真空管の研究を開始したのは大正5年秋であるが、爾來、真空管の試作研究を進展させると共に、真空管式無線電話の研究に主力をそゝぎ、兩研究は互に他の進歩をうながすことゝなり、その結果 TYK 式無線電話に於て解決出来なかつた同時送受話の問題、呼出装置の問題なども、次ぎ次ぎに解決されるに至つた。

真空管式無線電話の最初の通話試験は、大正6年5月、平磯出張所に於て行はれたが、その成績が非常に良かったので、引續き同年6月、前述の鳥羽・神島間に於て、曩に装置した TYK 式無線電話と真空管式無線電話との比較試験を行ひ、これまた好成績を得た。この試験に於ては未だ片通話式の無線電話であつたが、この試験終了と前後して、同時送受話の問題も解決されたので、鳥羽、神島の装置を同時送受話式に改造し、それと燈臺監視船羅州丸との間で同時送受話無線電話の試験を行ひ、海上約30哩の距離の通話に成功した。

同時送受話無線電話の完成後、有線電話と無線電話を接続して、海上の船舶と陸上の電話加入者間で通話する有線無線接続の電話に對して研究が進められ、東京灣及び神戸港などに於ける實地試験に着々と好成績を収め、充分實用に供し得ることが確められたので、逓信省に於ては、更に装置に改善を加へ、大正12年1月には神戸港碇泊中の船舶と神戸市内電話加入者との間に試験的に通話の取扱ひを開始し、尙大正14年門司港に於ても同様の試験を重ねた結果、海上數十哩内の船舶との通話が確實に出来るといふ見込が付いたので、昭和2年9月、無線電話通話規則を制定して、正式に通話業務を開始するに至つたのである。

又一方、大正9年8月には鐵道省からの依頼に應じ、青森・函館間110kmの距離に於

て有線無線接続の通話試験を行ひ、從來經驗しなかつた遠距離の通話試験であつたにも拘らず、豫想外の好成績を得た。この試験結果に基づき、更に装置を改良し、又この頃には電氣試験所の真空管製作技術も大いに進み、200W乃至300Wの送信用真空管も試作出來るやうになつてゐたので、新に送受信装置を設計試作し、大正12年7月、青森・函館間に於て第二次の通話試験を開始した。この試験成績も極めて良好で、充分實用になることが確められた。第二次青函連絡無線電話の試験は大正13年度限り電氣試験所としては一應打切つたのであるが、鐵道省に於ては、その後時代の進歩と共に装置に種々改良を加へ、今日に至るまで引續き實用に供してゐる。尙この間、大正11年から大正12年に亘り、福岡・釜山間220kmの間に於て、内地・朝鮮間の通話連絡を目的として無線電話の實驗を行ひ好成績を収めた。これ等の海峡連絡無線電話に關しては、大正13年5月の電氣學會誌に發表してある⁽⁴⁾。

電氣試験所の無線電話に關する研究は上述のやうにして華々しい進展を續けて來たのであるが、大正14年3月には我が國に於て初めて放送無線電話が實施され、それと前後して、電氣試験所の無線電話に關する研究も、放送無線電話の方面に向つて進められることになつた。その研究は、送信機、受信機、真空管、空中線などの機器に關するものを始め放送電波の受信試験、有線放送の問題など極めて廣範圍に亘つて居り、その成果は、我が國放送無線電話の進歩に對してのみならず、我が國一般無線通信の發達に對しても、直接間接に貢献するところ大なるものがあつた。

4. 搬送式電信電話に關する研究⁽⁵⁾

我が國に於ける搬送式電信電話の研究は大正6年、電氣試験所に於て初めて着手したものである。搬送式電信電話に關しては、その數年前既に海外に於て發表されたものはあつたが、電氣試験所に於ける研究は、當時無線通信方面に於て急速な進歩を爲した真空管式送受信法を利用した獨特の方式によるものであつて、研究の結果は極めて好成績であり、而もその實用化の研究に於ては海外の研究に一步先んじてゐたのである。

電氣試験所に於て搬送式電信電話の研究に着手したのは大正6年11月である。先づ電氣試験所構内に於ける局部的實驗によつて良好なる結果を得たので、大正7年1月から4月に亘り、東京・大阪間及び東京・横濱間の公衆用電話線に就いて實地試験を行ひ、豫期以上の好成績を得て、電話線による搬送式電信電話が充分實用に供し得ることを確めたのである。その結果により、逓信省に於ては、大正8年4月、東京、横濱、大阪及び神戸の各地に搬送式電信電話装置を設備して、試験的に實用通信を開始するに至つたのである。この場合に使用した送信真空管は入力20W程度のもので、これを結合蓄電器により電話

線に接続した。搬送電流の周波数は 50 kc 附近であつた。

電話線を利用する搬送式電信電話は斯くしてその實用性が確められたのであるが、その頃一方に於ては、發電所と變電所間の連絡に送電線による搬送式電話を利用しようとする研究が開始された。當時、發電所と變電所間の連絡は送電線の添架電話線によつてゐたのであるが、この方法は送電線からの誘導妨害が著しいのみならず、送電線の故障の際は添架電話線にも故障を生ずること多く、結局必要なときに於て充分な連絡がとれないといふ缺點があつたので、これが對策は當時電力關係方面の重要研究問題の一つであつた。電氣試験所に於ける送電線利用の搬送式電話の研究はこの問題の解決を目的にして行つたものである。

先づ最初は大正 7 年 6 月、鬼怒川水力電氣株式会社の下瀧發電所及び東京變電所間 77 哩の送電線に就いて實地試験を行ひ、續いて同年 12 月、富士水電株式會社の猪之頭發電所及び入山瀨變電所間 12.5 哩の送電線に就いて第二次の實地試験を行つた。兩實驗とも出力約 5 W、周波数 15 kc 乃至 100 kc の搬送式電話装置を使用し、これを高壓用蓄電器を経て送電線に結合したのであるが、最初の實地試験に於ける送電線は使用電壓 66 kV で、當時これに耐える蓄電器が得られなかつたので豫備送電線を使用し、又第二次實地試験に於ける送電線の使用電壓は 15 kV で、この場合には直接生きた送電線を使用したのであるが、何れの場合も、極めて良好な成績を得ることが出来た。

上記實驗には、送電線との結合に高價な特別高壓用蓄電器を使用したのであるが、その後、このやうな蓄電器を使用する代りに、送電線の直下 2 m 乃至 3 m 離してこれと並行に適當な長さの導線を架設し、これにより間接的に送電線に結合する方法を考案し、その實地試験を大正 9 年 5 月、鬼怒川水力電氣株式會社の送電線に就き、又大正 10 年 11 月宇治電氣株式會社の送電線に就き夫々施行して共に良好な成績を得た⁽⁶⁾⁽⁷⁾。この實地試験に於ける使用周波数は 150 kc 乃至 300 kc、並行架線の長さは送受信とも 400 m 前後であつた。

このやうにして搬送式電信電話の研究は良好な成績を以て完成されたのであるが、その後技術の進歩と共に、更に實用上の見地から改良が加へられ、それに伴ひ次第に、各所に於て實用されるやうになり、現在に於ては、電信電話線及び送電線の兩方面に廣く利用されてゐる。

5. 有線放送に関する研究

電氣試験所に於ける有線放送の研究は電燈電力線を利用する搬送式のものであつて、その研究は前項の搬送式通信に関する研究の延長とも見るべきものである。

電燈電力線を利用して放送を行ふならば、聴取者は簡単な受信機で放送を聴くことが出来て、放送の普及上甚だ有利であらうといふことは、我が國に於て未だ無線放送なるものが正式に開始されなかつた大正 13 年ごろ、既に着想されてゐたのであるが、その實驗は種々な事情から延期され、大正 15 年——我が國に於ける無線放送開始の翌年——に至つて、最初の實地試験が行はれた⁽⁸⁾。試験地は前橋市であつて、同市の變電所内に放送機を設置し、これを 3,300 V 母線に結合蓄電器を経て接続し、市内及び郊外の各地點に於て低壓側で受信試験を行つたのである。その當時には、今日のやうな交流式受信機がなかつたので、受信には主として簡単な礦石受信機を使用したのであるが、試験の結果は良好で、前橋市内は勿論郊外に於ても充分有線放送を聴取し得ることが判つた。

その後有線放送の研究は暫く中断の形であつたが、無線放送が普及發達するに伴ひ、電燈電力線利用の有線放送も更に進んで研究する必要があるといふことになり、第 2 回の實地試験が計畫された。この實地試験は電氣試験所と日本放送協會との協同により昭和 7 年水戸市に於て行はれた⁽⁹⁾。この場合も前橋市のとときと同様、變電所の 3,300 V 母線に結合蓄電器を通じて高周波電流を送り込み、配電線に於ける高周波電流の傳播狀況、晝夜間線の開閉及び近接受信機の影響、電波の輻射等の諸問題に關して調査したのであるが、前橋市の場合に比較すれば、技術が進歩して居り、又受信機としては今日一般に使はれてゐるやうな感度のよい交流式を使用したので、その結果も更に良好で、送信電力も數十ワット位で水戸市内及びその附近 20 km の範圍は充分實用になるといふことが確められた。

併し、當時我が國としては未だ有線放送の實用化に對する機運が熟してゐなかつたので、電氣試験所に於ける有線放送の研究も水戸市の實地試験を以て一先づ打切られた。然るに支那事變勃發から最近の逼迫しつゝある國際情勢に伴ひ、國策的國防的見地からその重要性が認められるに至り、有線放送は當面の重要問題として取上げられることゝなつた。即ち逡信省に於ては昭和 14 年以來、電燈電力線放送のみならず電話線を利用する場合をも併せて、その實用化に關する研究を進めつゝあつたが、近く我が國の重要都市に有線放送の實施を見る運びとなり⁽¹⁰⁾、電氣試験所に於ける有線放送の研究も、茲にその實を結ぶことゝなつた譯である。

有線放送そのものは決して我が國だけのものではなく、歐洲諸國に於ては既に實用してゐるのであるが、歐洲諸國のものは主として電話線を利用する方式であつて、電燈電力線を利用するといふ有線放送は諸外國に於ては未だその例を見ない我が國獨特のものである。

6. 高速度通信に関する研究

電氣試験所に於ける高速度通信に關する研究は昭和 8 年ころから着手されたもので、比

較的最近の研究に属する。

無線電信通信の高速度化といふことは、逐年激増しつつある龐大な通信量を速に処理して、通信事業運営の完璧を期するといふためのみならず、通信の秘密性を向上するといふ見地からも極めて重要な問題であるが、我が國に於ける無線電信の實用最高通信速度が 100 ボー程度であるといふ現状では、到底その目的を達することは出来ない。而して現在の通信速度を制限してゐる原因の主なるものは、無線送受信機ではなくて、通信回線の終端装置をなす自動送信機及び印字機に存するのであつて、この事實に鑑み電氣試験所に於ける高速度通信に関する研究も、この自動送信機及び印字機の改良を先決問題として着手されたのである。

従來の自動送信機は複雑な機械的動作機構によるものであるから、これを高速度化することには原理上大いなる困難がある。そこで先づ自動送信機の研究には、機械的動作機構によらないものといふ観点から着手し、種々研究の結果、光電管を利用し純電氣的に動作する獨特の方式を考案し、所謂光電式高速度自動送信機なるものを完成したのである⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。この自動送信機は標準の送信用鑽孔テープを使用し、容易に 3,000 ボー程度の送信速度を得ることの出来るものであるが、更にこれが簡易化に関する研究を進め、その結果、光電的動作機構の代りに半機械的半電氣的方式によるものを試作し、最高送信速度 1,000 ボー程度の簡易高速度自動送信機を得た。これに就いては目下實用装置としての性能に関して調査中である。

斯くして、高速度自動送信機としては略満足すべきものを完成し得たので、一方、光電式高速度自動送信機の完成と前後して、これが對手となる高速度印字機の研究に着手し、種々研究の結果、これに對しても亦獨特の方式を考案するに至つた。従來の印字機も自動送信機と同様その機構上高速度印字には極めて不適當であるといふ點に着目して研究を進め、遂に新原理に基づく所謂噴射式高速度印字機なるものを完成したのである⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。本印字機は 1,000 ボー程度の通信速度に對應して極めて確實且容易にモールス符號の印字を行ひ得るものである。印字速度は前記光電式高速度自動送信機の送信速度に比較すれば相當劣つてゐるが、無線送受信機を含む通信回線の現状から考察すれば、この程度の通信速度が現在に於ける實用の最高通信速度であるとして大なる誤りはない。従つて、電信符號の送信並に印字に関する限り、高速度化の問題は一應解決されたと云つてよからう。

尙實用上固定局間の通信を高速度化する爲には、中央局から無線送受信所までの線路に高速度の符號電流を直流のまゝで送ることは技術上不可能であり、従つて中央局と無線送受信所間は搬送式によらなければならないので、これに必要な端極装置をも設計試作し、

これ等諸装置を以て、昭和 14 年、東京・京城間の實用通信回線に就いて高速度通信の實地試験を行ひ、貴重なる資料を得たのであるが、更に東京・上海間に於ても近く高速度通信の實地試験を行ふ豫定である。

文 献

- (1) 横山英太郎：電試研 13 (明 44)
- (2) W. Torikata：電試研 2 部 13 (大 2)
- (3) W. Torikata, E. Yokoyama & M. Kitamura：電試研 2 部 9 (明 45)
- (4) 横山英太郎、丸毛 登、土岐重助：電學誌 5 月 (大 13)
- (5) 丸毛 登：電試研 136 (大 13)
- (6) 北村政次郎：電試研 106 (大 11)
- (7) 丸毛 登：電學誌 5 月 (大 12)
- (8) 谷村 功：信學誌 12 月 (昭 6)
- (9) 三浦伊登美：電學誌 7 月 (昭 8)
- (10) 篠原 登：通學誌 5 月 (昭 16)
- (11) 原口猷一：電試彙 4 月 (昭 12)
- (12) 原口猷一：第 3 回工學會大會電氣部會豫稿 4 月 (昭 11)
- (13) 松村定雄、原口猷一：第 12 回聯合大會豫稿 7 月 (昭 12)
- (14) 松村定雄、原口猷一：第 4 回通信學會秋期大會豫稿 10 月 (昭 13)

第 2 節 電 波 傳 播

1. 緒 言

明治 29 年マルコーニが空中線を發明し、火花送信機、コヒーラー検波器を使用して無線電信の實用化に成功したと云ふ報が傳はると、翌 30 年には電氣試験所に於て所長淺野應輔博士の指導の下に松代松之助氏等がその研究に着手し、同年末には早くも京橋月島海岸と臺場の間、海上 1 哩を距て、無線通信を行つてゐる。これは本邦における最初の傳播試験とも稱せらるべきものである。尙、33 年には船橋・相模大津間 34 哩の通信試験が行はれた記録がある。

その後無線通信の研究班は 41 年に無線電信電話係、大正 3 年には第四部として獨立したが、大正 12 年頃迄は主として鑛石検波器、TYK 無線電話の發明及びその實施、無線式有線電話及び真空管の製作應用等の研究に忙殺され、電波傳播に関する研究は明治 44 年に横山英太郎氏、丸毛登氏による無線電信受信感度の日變化⁽¹⁾と云ふ研究及び平磯出張所(大正 3 年開設)に於てなされた空中線の實效高、ベリニオン指向性アンテナによる方向探知の研究以外見るべきものは無かつた。

然るに大正 10 年に英米のアマチュアによる短波通信の開拓あり、12 年頃よりは放送無

線電話の開始されるに及んで本邦に於ける電波傳播の研究は永き眠りより目覺めたる如き急速な進展をなし來たつたのである。電氣試験所に於けるこの種の研究は主として平磯出張所が擔任して今日に至つたもので、ここに記述する諸研究は殆ど全部平磯出張所に於てなされたものである。以下長波及び中波の傳播、短波及び超短波の傳播、電離層、短波方向探知器、入射角の測定及び最近に開始された對流圏反射層の研究等に分類して記述する。

2. 長波及び中波の傳播

Austin 及び Cohen 兩氏が 1910 年より數年間、米國軍艦に乗込んで長波の長距離傳播の試験を行ひ、ヘルツの傳播式に有名な減衰係數 $e^{-0.0015d\sqrt{f}}$ なる項を附加したのが最初の價値ある研究であつて、その後數多の人によりその修正が行はれたが、然しそれらは晝間強度の大體の目安をつけるに止まり實測値の總てを包含する式を表示する事は出来ない。即ち長波の長距離傳播は地表波によらず主として空間波によるものであるから、電離層の變動に従つて傳播状態も複雑な變化を生ずるからである。

それらの關係を調査する爲に大正 15 年より昭和 6 年迄平磯出張所磯濱分室に於て、横山英太郎氏指揮の下に中井友三氏、谷村功氏が擔任⁽²⁾⁽³⁾し、Bolin, Bordeaux, Kahuku, Monte, Grande, Saigon, Rugby, Nauen その他世界主要局の殆ど全部の電波強度を測定した。その成績は當所研究報告 229, 233, 238, 258, 297, 311 等に發表したが、その結果より長波の晝夜強度の差及び日出日没時に於ける減衰量⁽⁴⁾、南北傳播と東西傳播の減衰率の差或は電界強度と氣象、太陽黒點及び地磁氣との關係の密接なる事⁽⁵⁾等重要なる資料となつた。これらの測定と同時に電波の到來方向の測定も行ひ、所謂夜間誤差を測定したがその結果⁽⁶⁾⁽⁷⁾、送信所より 30~40 km の距離に於て既に空間波の勢力が増大して夜間誤差の現象が生じ、400~600 km 附近にて誤差最大となり、遠距離では誤差が減少する事及び對離點附近の局は方向變動する事等が判明した。

然しこの傳播の理論的研究に關しては、電離層の状態のやゝ判明した昭和 7 年に横山英太郎及び難波捷吾の兩氏⁽⁸⁾によつてなされたもので、その理論より晝間電離作用の盛んで電子密度の大なる時は長波に對して電離層は恰も金屬面の反射と同様に波長の大なる程傳播は良好であるが、夜間には電子の消滅により電子密度は著しく減じ導電率低下の結果、誘電反射が行はれるため波長の差による傳播力の差は殆どなく、長波の短い部分は晝間より減衰が少くなる事が説明される。又日出日没頃は、金屬反射と誘電反射との移行する時に生ずる準ブスター角に當るため、反射係數が低下して受信強度が非常に減退する事の説明が明確に與へられた。

放送周波數帯の傳播の研究は、大正 13 年に丸毛登、高岸榮次郎、畠山孝吉の諸氏によ

り米國 KGO 局を受信したるを以て嚆矢とするが、その後昭和 4 年より 8 年迄難波捷吾、平賀太一、上野茂敏の諸氏⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾により定量的な電界強度測定器を以て諸外國及び國內の放送電波を受信し、その強度及びフェーディング、地表波と空間波との關係、強度と太陽黒點、磁氣擾亂との關係等を調査した。その結果放送波は長波や短波に比して空間波の通達能力が著しく低く、従つて地表波のみが放送に利用されるが、その Service area は空間波の地表波に對する大きさで決定され、地表波の有効距離は晝間 300 乃至 400 km、夜間 100 乃至 150 km 程度であることが判明した。

中波の空間傳播の研究は、中波が互に顯著に異つた傳播形式をとる長波と短波の中間に位するものであるから、電波傳播研究の統一と云ふ點から重要な事項であつて、難波捷吾氏の理論的研究⁽¹¹⁾によれば、中波の電離層内の傳播様式は長波の如き表面反射でもなく、又短波の如き電離層内部に全部進入して幾何光學の理論の適用されるものでもなくして、中波では一部反射し一部は進入するものと考へられる。そこで階段的反射と云ふ近似的解法を行ふ事により、その反射率及び進入波の減衰を計算し、晝夜による電波強度の變化を説明したのである。この理論と實驗結果より、その頃論議されてゐた Tayler 及び Nichols 等の地球磁界内に於ける電子の固有振動數に相當するために中短波帯に於て特に大なる減衰を蒙むると云ふ説を覆へし、E 層における短波と同じく減衰は周波數の増すと共に減じ、電子密度の増加と共に増す事を明らかにしたのである。

空電は長波通信の一大敵國であるため、長波傳播の研究と同時に中井友三⁽¹²⁾、谷村功兩氏により空電強度及びその到來方向等の測定が行はれ、主として不連續線、低氣壓、颱風、雷雨等の氣象との關係及び流星群の影響等を明らかにする事が出來た。又後に昭和 11 年には前田憲一、横山浩兩氏⁽¹³⁾により空電量の定量的測定器が製作され、放送波及び短波に於ける空電量の日變化及び季節的變化はその傳播特性に左右される事、空電量の強度による分布状態を明らかにする事が出來た。

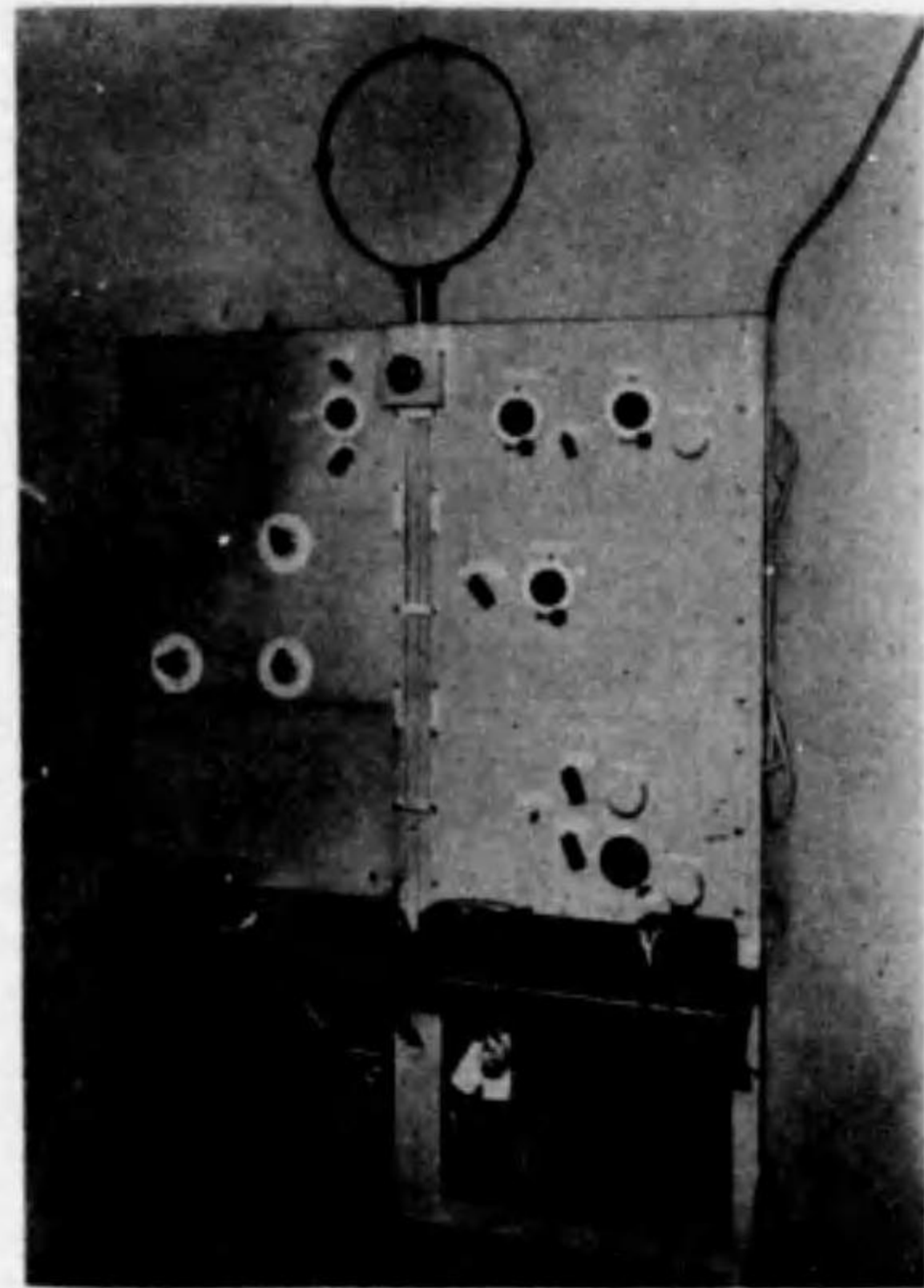
3. 短波及び超短波の傳播

短波通信は 1921 年(大正 10 年)英米のアマチュアによつて開拓されたとは云へ、その激しいフェーディングと受信強度の不安定のため、實際業務に採用される迄は 5~6 年の試験期間を必要とした程である。併し短波の通信能率の良さ即ち指向性空中線建設の容易、通信回線の増加、高速度通信の可能、空電妨害の僅少等の利點はその缺點を補つて餘りあるため、短波の傳播の研究は急速な發展をなしたのである。

平磯出張所に於て大正 14 年より高岸榮次郎氏、畠山孝吉氏等により、Nauen(獨)POX, AGB, Pittsburgh(米)KDKA 局等の短波試験通信を受信しその強度を測ると共に、波

長 25 米、出力 300 W の送信機を試作して、平磯より送信し移動受信を行つて距離の増減に対する強度の変化を調べ、東京附近の受信強度はかへつて AGB 等より遙かに弱い事を知り、所謂跳躍距離の存在を見出してゐる。その後 3 年に亘つて短波の送受試験を行ひ多くの記録を得て、臆げながらその傳播特性を明らかにして來たのである。

昭和 4 年難波捷吾氏が平磯出張所長となると共に、短波電界強度計算法の計畫が立案され、世界のあらゆる地方の短波局の電界強度の測定、或は短波の到來方向及び偏波状態の測定等が開始され、數多くの基礎資料を得られた。そして昭和 6 年には大氣上空の電離状態を理論的に算出し、その結果より各季節、各方向に対する多數の電離圖を製作し、それと短波局受信資料とを基として電波が電離層内を通過する時に受ける減衰の程度を決定した。その翌年遂に地球上の任意の地點と本邦との間に於ける短波通信の強度を算出する方法に成功し⁽¹⁴⁾、對手局の位置、使用周波數、季節、時刻、送信電力等を與へて受信點に於ける電界強度を求める場合のみならず逆に任意の通信路を新に開拓せんとする場合に季節、時刻に応じて周波數を如何に選定すべきか、或は送信電力、送受信の指向性空中線の構造を如何に定むべきか等の問題を數量的に決定するに役立つたのである。この計算法はその後の短波傳播の研究が著しく進展するに従ひ、昭和 11 年新な實驗資料に基づき改訂⁽¹⁵⁾を行つたが、それは理論的進歩に基づくものでなく、殆ど實驗資料に負ふものであつて、晝間に於ける減衰量の改訂が主眼點であり、それにより正確な電界強度計算法が完成されたと云ふ事が出来る。



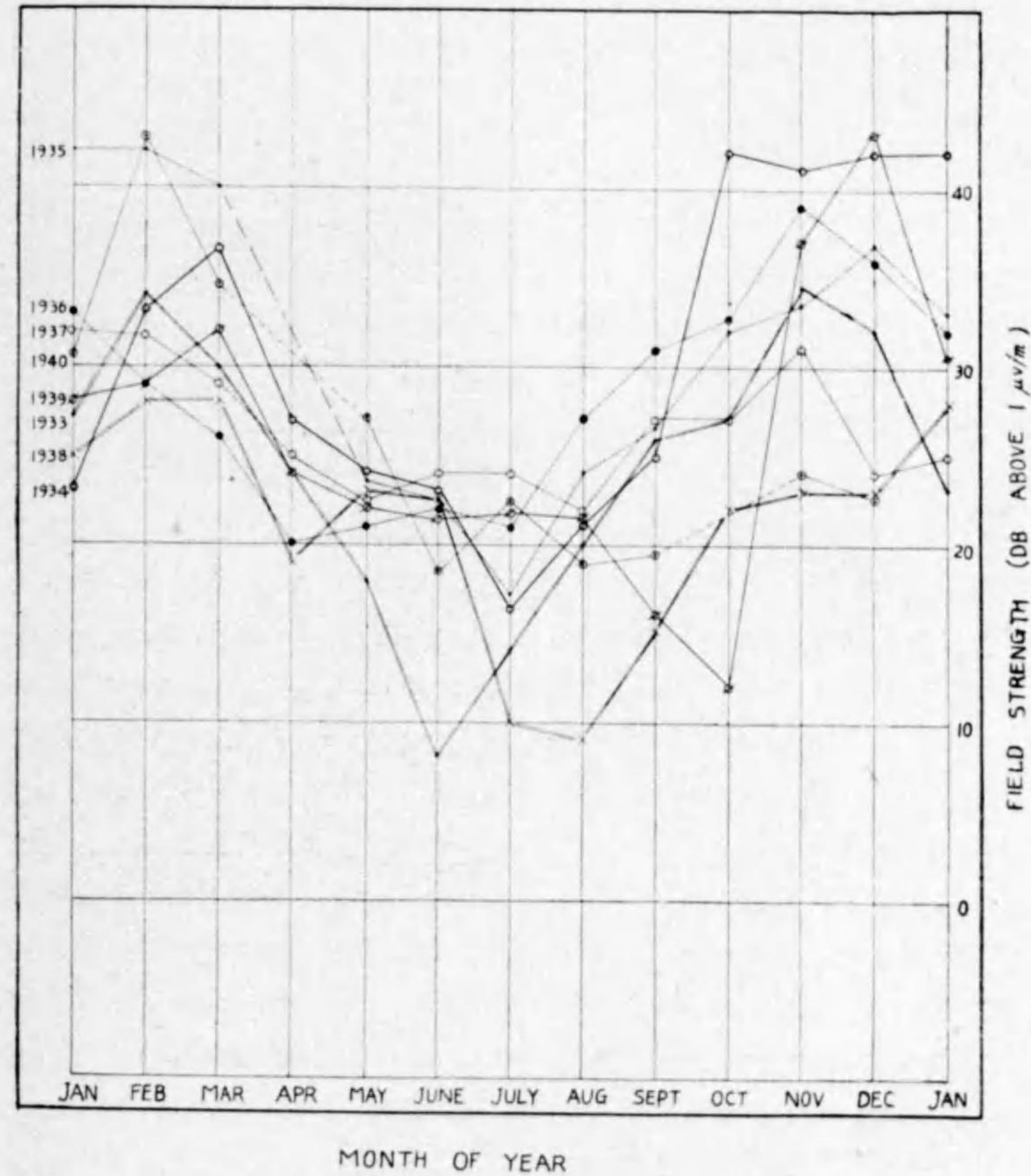
第 1 圖 短波電界強度測定器 HR 100 號

その間昭和 7 年より 10 年迄には、Polar year に關する電界強度及び方向の測定⁽¹⁶⁾、高緯度地方の異狀電離に基づく影響⁽¹⁷⁾、測定に及ぼす大地の導電率の影響⁽¹⁸⁾及び飯沼元氏による短波電界強度絶對測定装置の試作等の研究があつた。その測定器の最初の HR 100 號は、その後 2~3 の改造された點はあるが主要部分は今日向使用されてゐる。

昭和 10 年からは、電界強度連續自動記録による磁氣嵐、地電流及び Dellinger 現象等

の傳播に及ぼす影響⁽¹⁹⁾、短波による大地の導電率及び反射率の測定⁽²⁰⁾、垂直竝に水平空中線の垂直面内の受信指向特性の實驗的研究⁽²¹⁾、散亂現象の考察⁽²²⁾及び距離 4,000 km 以内の短波近距離傳播の特性の研究⁽²³⁾等が行はれた。就中近距離傳播の研究はその傳播が電離層の状態と極めて密接な關係を有する事、散亂反射波が重要な役割を演ずる事且電界強度を求むる際散亂と正常反射とを辨別する必要ある事が遠距離傳播と趣を異にする點であつて、平磯より近距離に位する多くの送信局の電波を測定し、その結果と當所の測定し

FIELD STRENGTH OF KLL (13720 KC) AT 0900 JCST



第 2 圖 Bolinas KLL の電界強度の年變化

た電離層の知識を使つて、正規反射と散乱反射と區別する傳播特性曲線を作り、又任意の時刻、周波數、距離に對し受信強度を算出する爲の減衰特性曲線を作る事に成功した。

現在尙高緯度地方、中緯度地方、低緯度地方を傳播する電波及び對離點附近から傳播して來る電波に就いて測定を繼續してゐるが、これは主として太陽活動の盛衰に従ひ年々傳播状態の變化する實狀を明らかにする目的であり、一例として Bolinas 局 KLL 電波の電界強度の季節的變化及びその年變化を示す曲線を掲げる。強度は日本中央標準時の9時前後即ち傳播通路が全部太陽に照らされてゐる時の測定値である。

10 m 以下の超短波の傳播に關する研究は昭和6年上野茂敏氏、木村六郎氏等⁽²⁴⁾により數十ワットの超短波送信機を製作して平磯より電波を發射し、受信機を筑波、東京、大山等へ持廻り或は富士山頂との相互通信等に

より地表波の傳播特性を調査し、超短波通信の中繼装置の基礎資料を得た。又昭和7年には中井友三氏及び木村六郎氏⁽²⁵⁾によりマニラ、上海、大連等の短波の高調波及び京城 35.5 Mc/s の試験放送を受信し、超短波遠距離傳播特性の試験を行つた。その不安定さは實用性無きものとせられた。併しその後昭和11年に至り、通信周波數帯

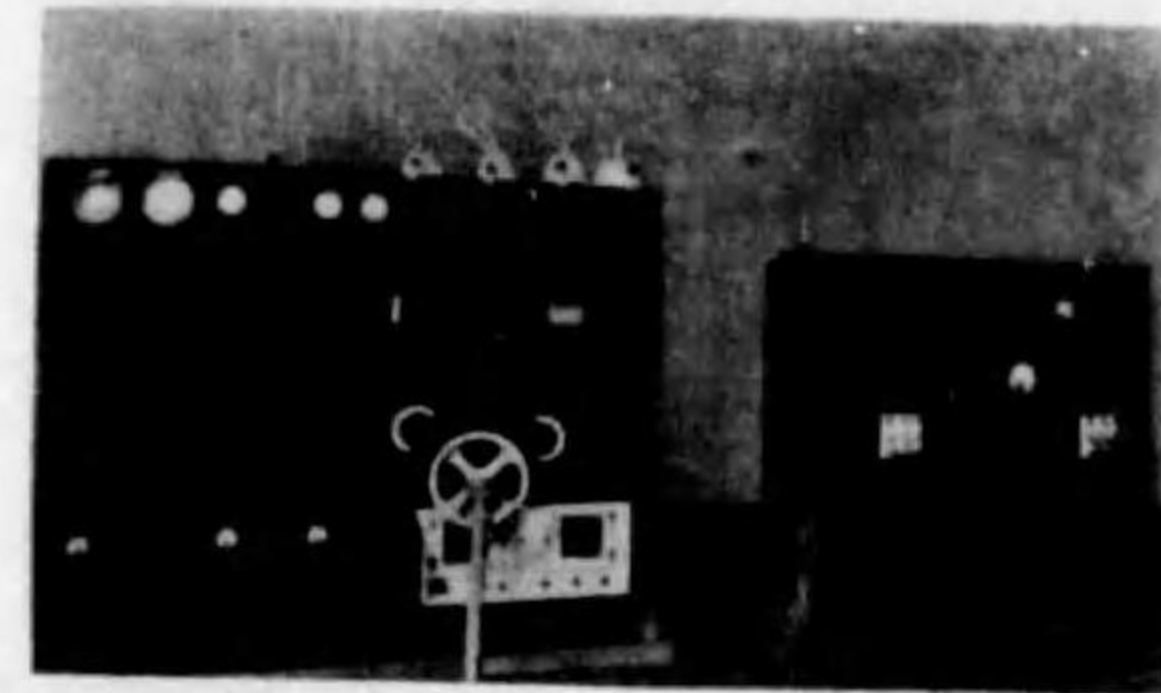


第3圖 超短波電界強度の測定

の擴大、10 m 電波の利用と云ふ事に注目し、前田憲一氏⁽²⁶⁾等により周波數 53 Mc/s 程度以下現在の商用短波帯以上の電波に關し廣範圍に亘つて測定を行ふと共に、電離層測定結果と併せて、10 m 電波の實用可能性、實用範圍及びこれが運用上の諸問題に關し結論を得るに至つた。尙昭和14~15年⁽²⁷⁾には電視放送電波のフェーディング及び超短波の散亂強度の周波數分布等を明らかにする事を得た。

4. 電離層

地表波の傳播の理論では、實際の測定によつて得られる如き大なる電界強度を豫想する事は出来ないと云ふ事實が原因となつて、電離層の存在は以前より豫想されてはゐたが、その正確な研究は大正15年 E.V. Appleton 氏の干涉法及びその翌年 G. Breit 及び M.A. Tuve 兩氏のインパルス法により、電離層の高さを直接測定する事に始まつた。然しその時には高さ以外に如何なる量を測定して研究すれば良いかと云ふ事さへ充分判明してゐなかつた。その後短波による測定が行はれ、昭和5年に Appleton 氏が E 層及び F 層の2層よりなる事を發見すると共に、その電子密度を知る事が最も重要な事が解つた。



第4圖 電離層測定用送信機



第5圖 電離層連續記録器(舊型)



第6圖 電離層連續記録結果例

平磯出張所においては昭和7年前田憲一氏によりインパルス法による電離層測定装置が製作され、昭和9年2月の南洋に於ける日蝕觀測の際は2~3の波長を以て高さを測定し⁽²⁸⁾、電離の原因は主として太陽の紫外線に依るものであるが、Chapman 氏說の中性微粒子による電離も多少認むる事を得た。その後外國の研究進歩に刺戟され、數個年に亘つて幾度か測定装置の改善⁽²⁹⁾を行ひ、空中線入力 2 kW にて周波數 3~15 Mc/s に亘る廣範圍に連續變化し得る送信機を得ると共に、尖鋭なるインパルスを歪なく増幅する受信機の改良を行ひ、各種の層の電子密度を精密に測定し得るやうになつた。現在では自動的に總ての測定を行ひ得るやうになつてゐる。

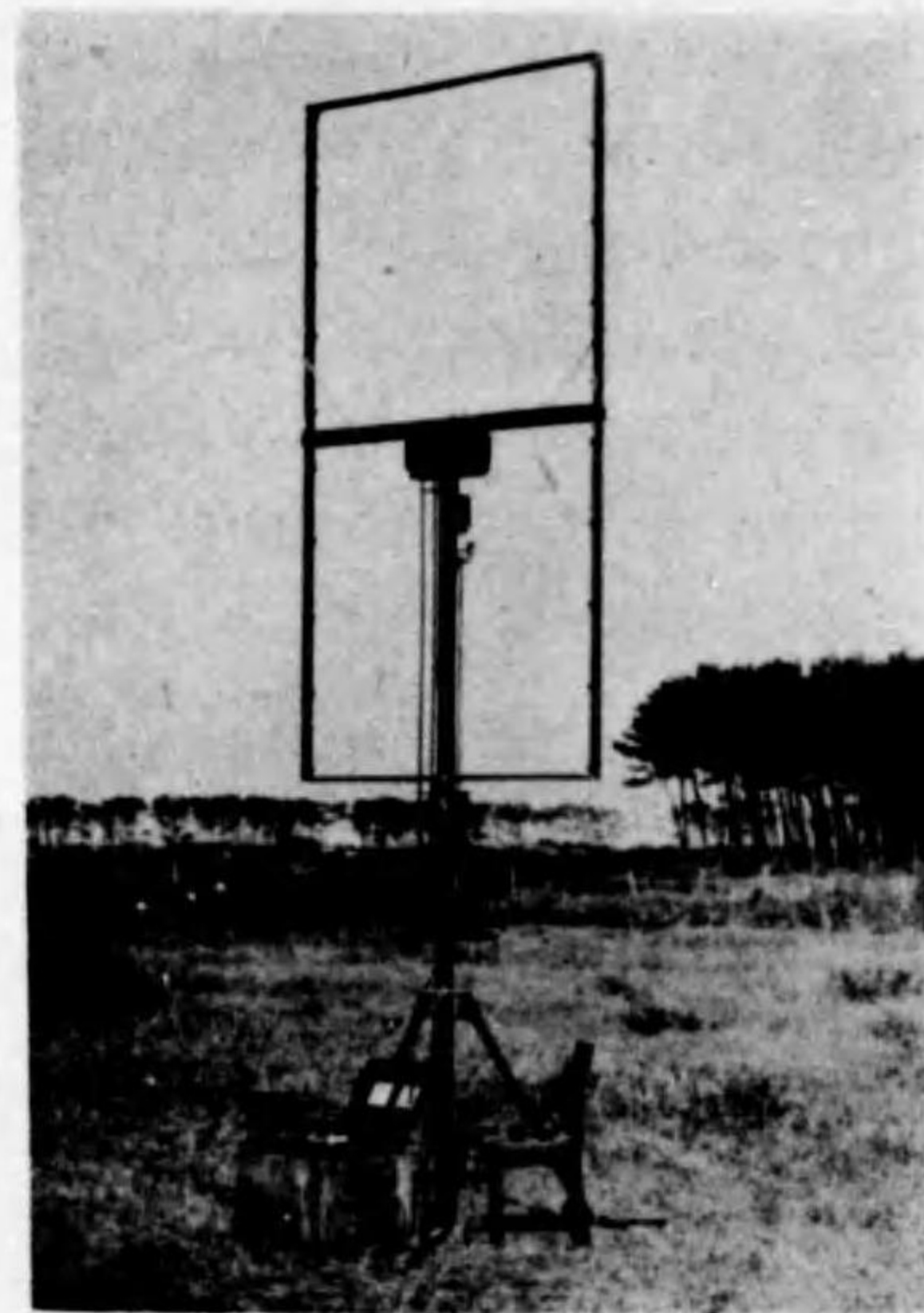
その間 E, F 層の高さ及び電子密度の日變化、季節的變化並に逐年變化⁽³⁰⁾⁽³¹⁾を測定すると共に、昭和10年には Sporadic E 層の性質及びそれが電波傳播に及ぼす影響を調べ⁽³²⁾、昭和11年の北海道に於ける日蝕⁽³²⁾に際しては、E 層 F₁ 層に對する影響は從來の考へと一致したが、F₂ 層はかへつて高さが減少し電子密度が稍増大する如き結果を得た。尙 Dellinger 現象時における電離層の測定結果⁽³⁴⁾からは F₂ 層の密度は變化なく、E 層及びその下部の電離が著しく増加する事等が明らかにされた。又 G 領域の散亂性反響を認め 10 m 電波の傳播に密接なる關係を有する事を見出し、昭和12年には太陽白斑が電子密度に直接及ぼす作用の大なる事⁽³⁵⁾を發見して、日蝕時に白斑研究の重要な事を指摘した。その後現在に至る迄電離層の測定を繼續してゐるが、それは電子密度と太陽黒點數の多寡とに密接なる關係がある故、黒點の周期約 11 年間は比較研究を必要とするからである。

電離層に関する理論的研究は塚田太郎氏⁽³⁶⁾によつてなされてゐたが、昭和12年に至つて量子力学により電子の再合及び附着を考察し、電離層の實驗結果を參照して、自由電子の消失は主として中性原子或は分子に附着する事によつて行はれるものであり、附着イオンは太陽光線によつても電子を放出し得る事を指摘し、地上に於ける日出以前に電離層の電子密度の急激な増大及びE層及びF₂層の日變化並に季節的變化に對して明快なる説明を得たのである。又同氏は電離層内の電波傳播に関する理論的研究⁽³⁷⁾を行ひ、幾何光學理論の適用し得ない中波帯の傳播及び短波屈折の頂點附近に於ける傳播機構に近似的解法を得る事に成功し、各周波数の傳播特性の理論を明らかにした。

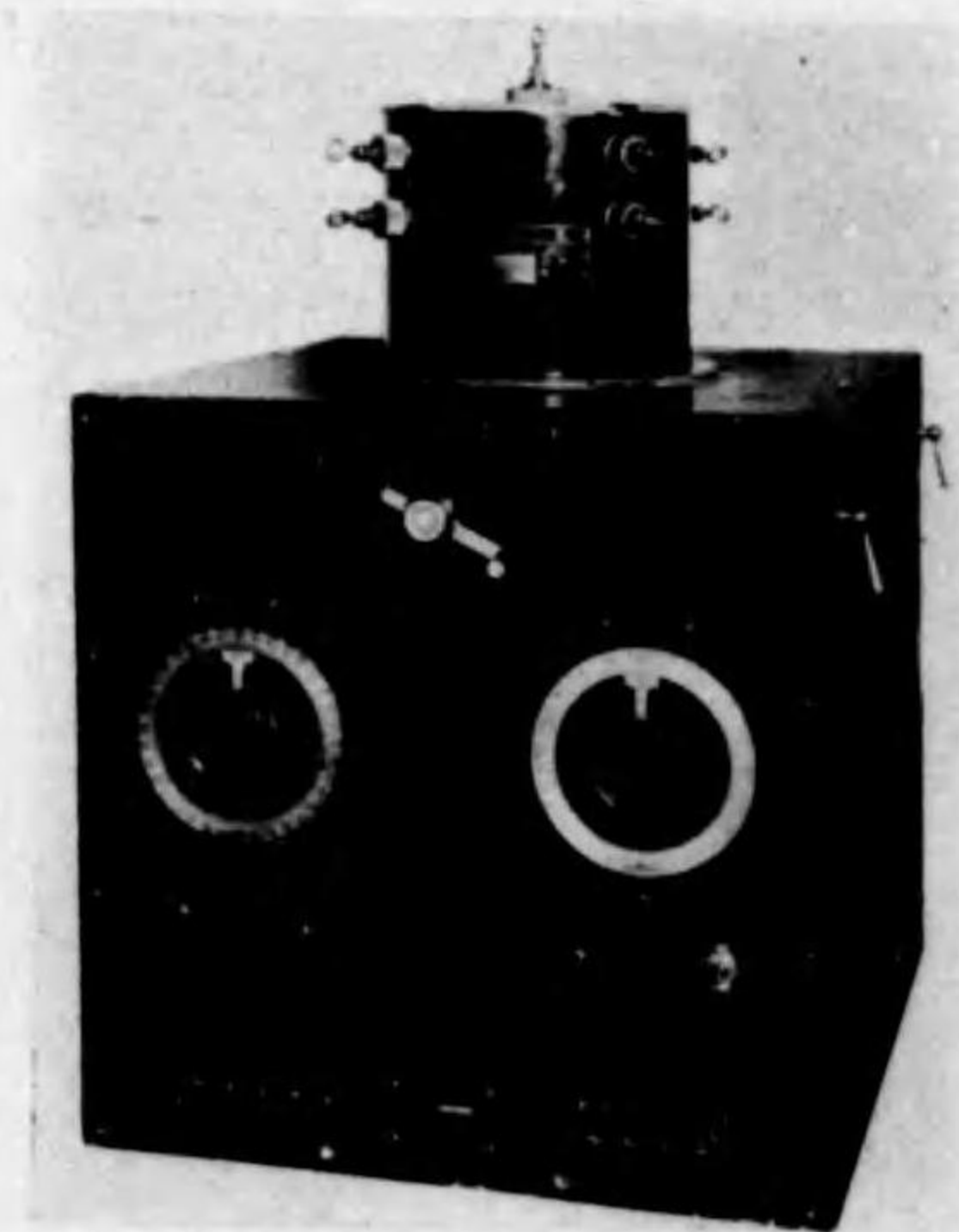
尙、電離層の測定によつて得た臨界周波数は電波を垂直に打上げた場合の値であるから、實際通信の斜入射の場合に利用するには層高と距離とに従つて複雑な換算を行ふ必要がある。前田憲一氏、河野哲夫氏により⁽³⁸⁾、季節、時刻と距離を與へて利用し得る最高周波数が直ちに求め得る如き圖表を製作し、實用通信の資料とした。

5. 短波方向探知器及び入射角測定器

短波傳播が空間波によるものである爲に、長波に使用される棒型空中線を以て短波の方向を測定することは、晝夜を問はず所謂夜間誤差を生じて不可能である。短波方向探知器



第7圖 回轉型短波方向探知器



第8圖 ゴニオメータ型短波方向探知器

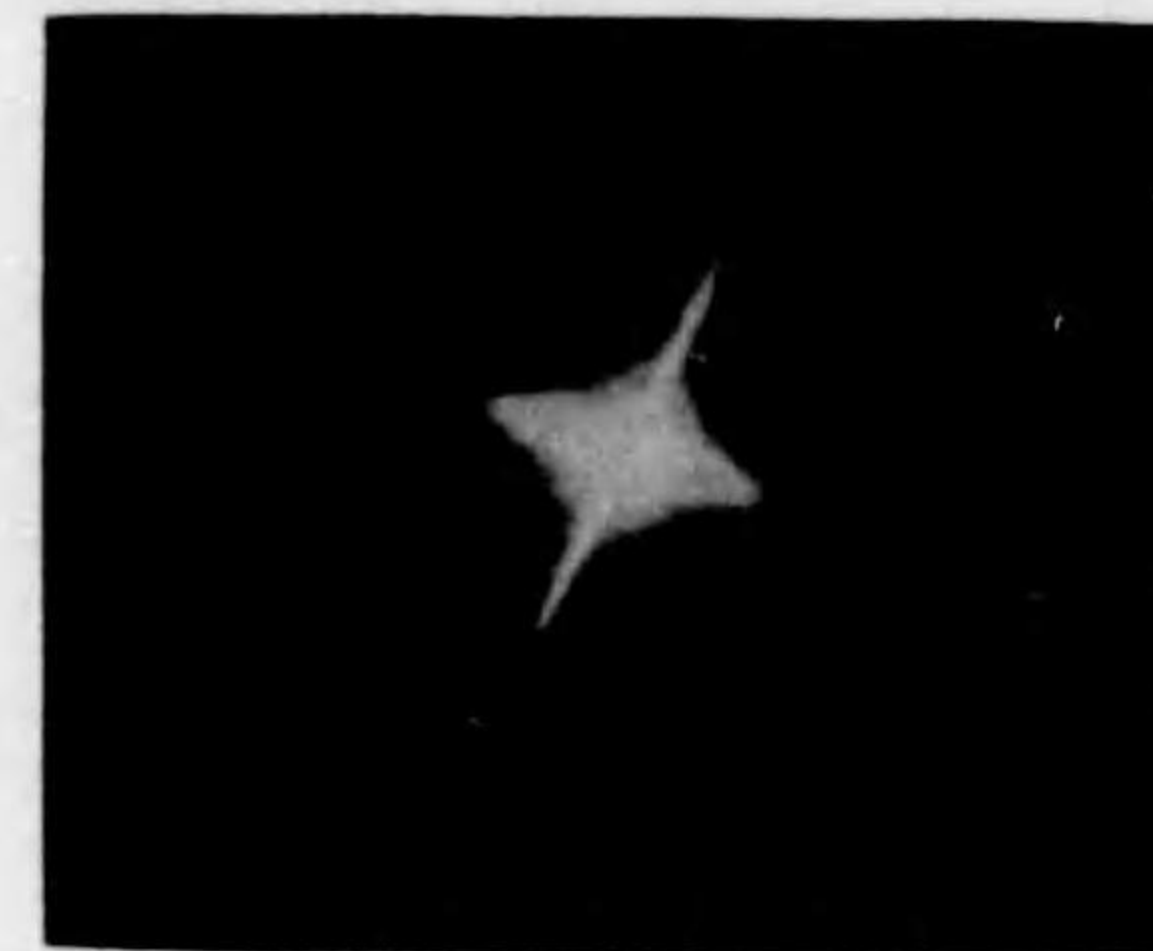
の研究は昭和4年難波捷吾氏及び磯英治氏⁽³⁹⁾によつて開始され、アドコック空中線を改造し回轉式H型方向探知器を試作したのを以て本邦の嚆矢とする。翌年にはこれが實施試驗を行ひ、又船舶上に於ける各種の影響を調べ、或は又それを使用して商用短波の方向探知を行ひ、季節による電波通路の變化或はラテラル・デビエーション⁽⁴⁰⁾及び散亂反射等の電波傳播研究の重要な手段としたのである。

昭和6年には塚田太郎氏によりゴニオメータ型方向探知器⁽⁴¹⁾が試作研究され、回轉型の使用上の不備が改善され、その後引續き各種の改良により現今各方面に重用しつゝあるゴニオメータ方向探知器の基礎が築

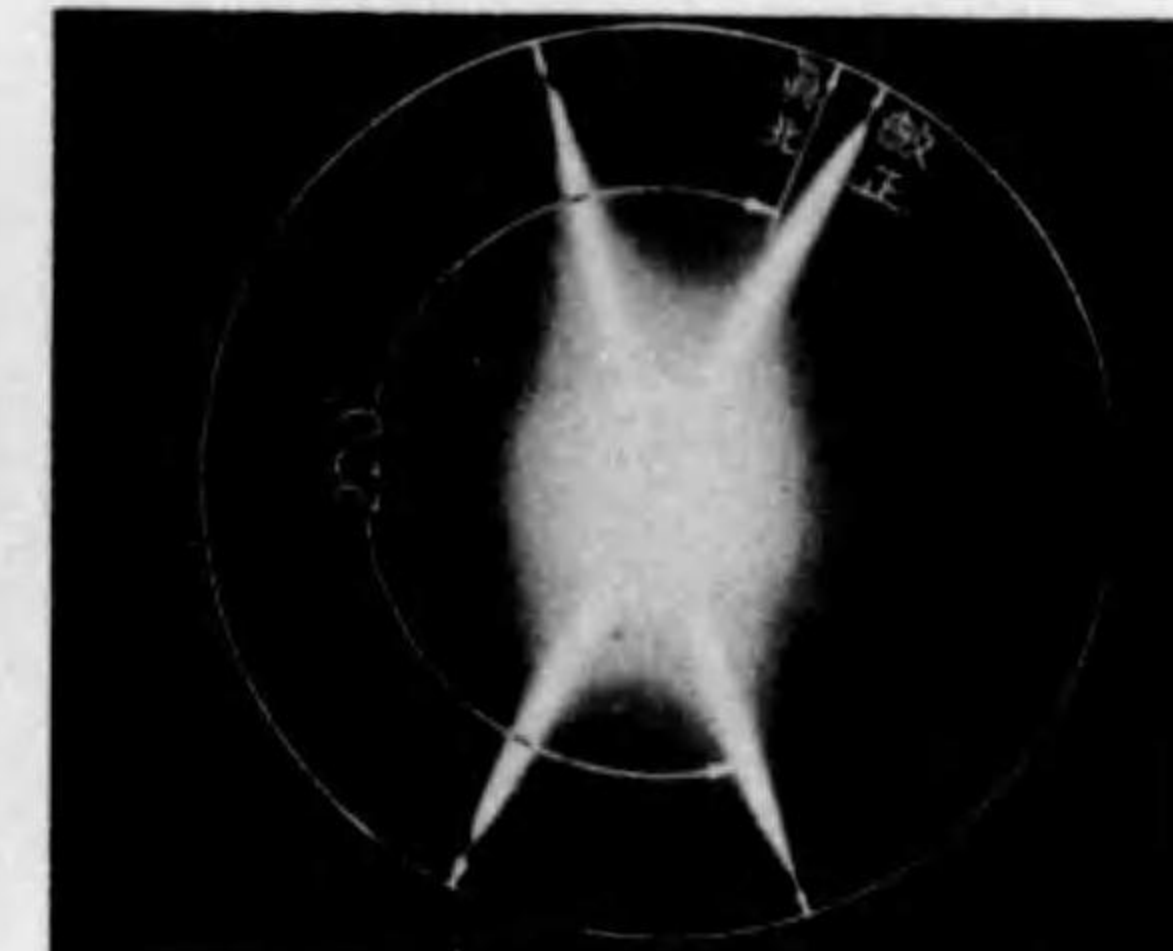
かれたのである。その2~3の重要な發明を挙げれば、ゴニオメータ巻線の分割による



第9圖 直視式陰極線方向探知器の表面



上海 (257.5°) XGM 17,650 kc



ジャバ (222.5°) PMA 19,335 kc

第10圖 直視式方向探知器測定の一例

漂游結合の除去(特許 99534 號)、單一方向決定に必要な真空管位相變換器(特許 117119號)及び掃索線輪の轉換不要(特許 129808 號)等であつて、共に短波方向探知器の生命とする重要な點である。

尙、塚田太郎氏は昭和11年より陰極線方向探知器の研究⁽⁴²⁾を開始し、同13年に完成した。従來の強度零によつて求める方向探知器にては、到來方向は一方向でも入射角の異なる2以上のrayの到來する短波では最小點が不鮮明になることゝ、フェーシングの爲に測定者としてかなりの熟練を必要とする。然し陰極線方向探知器では、2個のアドコック

ク空中線に誘起した起電力を増幅してブラウン管に圖形を畫かせ、最大感度に於て方向探知を行ふものであるから、上述の缺點を除く事が出来る。この種の方向探知器が優秀なるにもかゝらず實用化されぬのは、2 受信機の増幅度及び位相の完全なる一致を要求する爲に調整が複雑になる難點があつた爲である。塚田太郎氏は到來電波によつて2 受信機を較正する如き回路を考案して操作の簡易化を以て成功したのである(特許 127719 號)。平磯出張所においてはこの方向探知器を電波傳播研究に利用して、散亂電波は ray の方向が急速に變動してゐる事、指向性空中線によるサーチライト現象の確認、對離點附近の局の電波の方向不定は散亂波によるものに類似してゐるが、時間的變化は幾分緩慢である事、遠距離短波のフェーディングによる強度の減少時には圖形が楕圓となり、數本の ray の合成なる事等の諸點を明らかにする事が出来た。尙、この方向探知器は散亂領域に於ても、地表波又は正規反射波の含有する場合は安定な圖形を求めて方向探知を行ひ得る利點ある事も判明した。

尙昭和 13 年に前田憲一、塚田太郎兩氏⁽⁴³⁾によつて電離層測定結果より枠型及びアドコック型方向探知器の使用し得る範圍を、距離、周波數、時刻、季節等に従つて一目瞭然たらしむる圖表を製作したのは、方向探知器使用上甚だ有意義な研究であつた。又同年には横山浩、錦織清兩氏⁽⁴⁴⁾により 30 Mc/s 以上の超短波方向探知器が製作研究され、超短波傳播研究に使用された。

短波の受信點に於ける到來入射角の測定は電波の電離層に於ける反射回數の決定、減衰の推定並に指向性空中線の設計上重要な資料となるものであるから昭和 9 年前田憲一、横山浩兩氏⁽⁴⁵⁾により研究され、測定周波數及び到來方向に限定されない新しい考案を得て測定装置を試作し、翌 10~11 年に諸外國の短波局より到來する電波の入射角の測定を行つた。その結果受信點に到來する電波は、相異なる 2 種以上の入射角を有する電波の合成にして、合成入射角の最低は強度の最小時刻に現れる事等が判明した。現在は錦織清氏⁽⁴⁶⁾により可視式入射

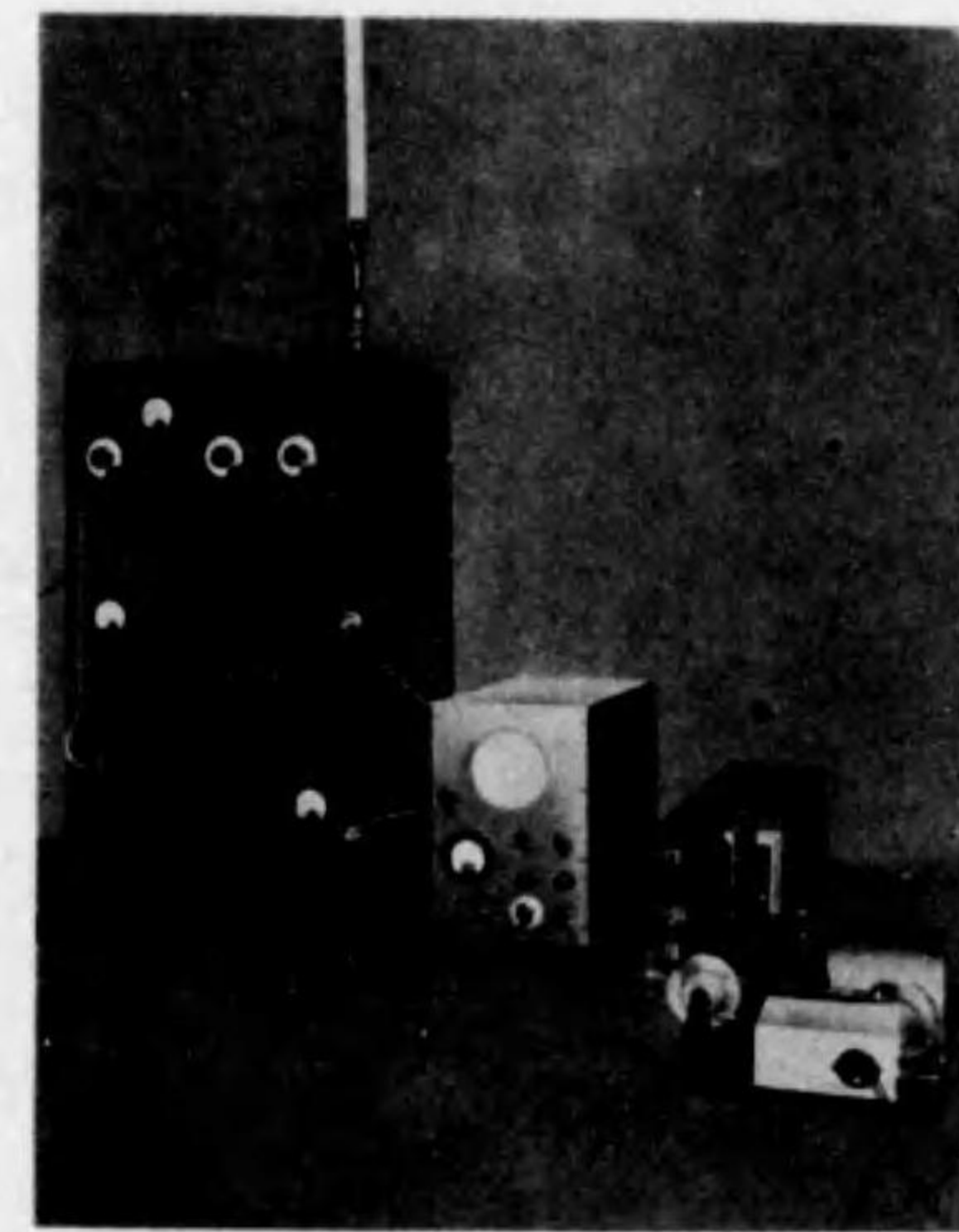


第 11 圖 入射角測定用塔

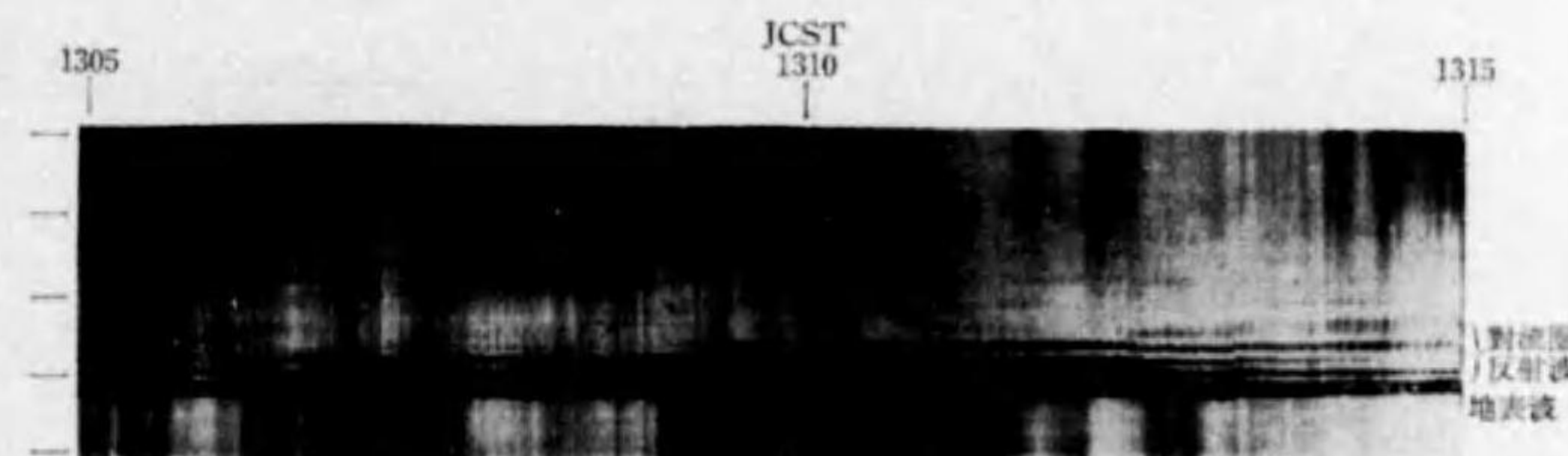
角測定器の研究が行はれてゐる。

6. 對流圈反射層

Colwell 及び Friend Watson Watt 氏は昭和 11 年に高さ數軒より 10 數軒の對流圈内に於て相當強力な電波反射層の存在する事を發見したので、この層の電波傳播に及ぼす影響或は氣象との相互關係に就いて研究を開始する事になつた。即ち昭和 13 年より河野哲夫氏等により數マイクロ秒程度の極めて尖鋭なインパルスを發生し得る送信装置及びそ



第 12 圖 對流圈反射層測定装置



第 13 圖 對流圈反射層の測定記録の例

(例 15, 8, 31 JCST 1305-1315)

れに適應し得る受信装置を製作し、周波數 3 Mc/s の電波を以て層高 6.2, 10, 15 軒の反射層を認めその日變化を測定した⁽⁴⁷⁾。翌 14 年には、受信装置の性能改善を圖り、周波數 6, 12 Mc/s に於て高さ 1.2 軒程度の反射層をも測定し得る如くすると共に、1 日中連続

して自動的に層高を記録し得る如く出来た。そして現在猶測定を繼續中であるが、多くの測定記録と氣象圖とを對照⁽⁴⁸⁾し調査の結果、やはり氣象擾亂に密接な關係を有する事が判明した。尙超短波の傳播との相互關係⁽⁴⁹⁾も現在調査中である。又かゝる低空に存在し得べき反射層の成因機構に就いても、理論的考察⁽⁵⁰⁾をなし、水蒸氣或は溫度氣壓等の不連續面において生ずる反射係数を計算したが、猶この點に就いて詳細に研究中である。

文 献

- (1) 横山英太郎, 丸毛 登: 電試研 2 部 8 (明 45)
- (2) 横山英太郎, 中井友三: 電試研 229 (昭 3); 233(昭 3); 238(昭 3); 258(昭 4)
- (3) 横山英太郎, 谷村 功: 電試研 297 (昭 6), 311 (昭 6)
- (4) 中井友三: 電試研 241 (昭 3)
- (5) 横山英太郎, 中井友三: 電試研 273 (昭 4)
- (6) 横山英太郎, 中井友三, 谷村 功: 電試研 315 (昭 6)
- (7) 谷村 功: 電試研 271 (昭 4)
- (8) 横山英太郎, 難波捷吾: 電學誌 523 (昭 7)
- (9) 難波捷吾, 平賀太一: 信話誌 107 (昭 7)
- (10) 難波捷吾, 上野茂敏: 電學誌 543 (昭 8)
- (11) 難波捷吾: 電學誌 503 (昭 7)
- (12) 中井友三: 電試研 322 (昭 6)
- (13) 前田憲一, 横山 浩: Rep. Radio Res. Japan Vol. 7, No. 3 Dec (1937)
- (14) 難波捷吾: 電試研 336 (昭 7)
- (15) 難波捷吾, 前田憲一, 塚田太郎: 電學誌 578 (昭 11)
- (16) 中井友三: 電試研 381 (昭 10)
- (17) 中井友三, 仲上 稔: 電學誌 552 (昭 9)
- (18) 中井友三, 鴨志田武, 遠藤幸吉: 電學誌 562 (昭 10)
- (19) 横山 浩, 玉井一郎: 電通誌 166 (昭 12)
- (20) 前田憲一, 仲上 稔: 電通誌 166 (昭 12)
- (21) 前田憲一: 電學誌 577 (昭 11)
- (22) 前田憲一, 塚田太郎: 電學誌 590 (昭 7)
- (23) 前田憲一: 電試研 426 (昭 14)
- (24) 中井友三, 上野茂敏, 木村六郎: 電學誌 533 (昭 7)
- (25) 中井友三: 電學誌 529 (昭 7)
- (26) 前田憲一, 塚田太郎: 電學誌 590 (昭 12)
- (27) 前田憲一, 横山 浩: 電通誌 (昭 16)
- (28) 前田憲一: 信話誌 135 (昭 9)
- (29) 前田憲一, 河野哲夫, 松山 博: 電通誌 175 (昭 12)
- (30) 前田憲一, 許斐 貢: 電學誌 562, 565 (昭 10)
- (31) 前田憲一, 塚田太郎, 鴨志田武: 電學誌 597 (昭 13)
- (32) 前田憲一, 去來川幸夫: 信話誌 153 (昭 10)
- (33) 前田憲一, 去來川幸夫: 電學誌 583 (昭 12)
- (34) 前田憲一, 鴨志田武: 電學誌 589 (昭 12)
- (35) 前田憲一: 電學誌 598 (昭 13)
- (36) 塚田太郎: Rep. Radio Res. Japan Vol. 7, No. 2 Oct (1937)
- (37) 塚田太郎: 電通誌 187 (昭 13)
- (38) 前田憲一, 河野哲夫: 電通誌 200~201 (昭 14)
- (39) 難波捷吾, 磯 英治, 上野茂敏: 電學誌 513 (昭 6)
- (40) 難波捷吾, 塚田太郎: 信話誌 134 (昭 9)
- (41) 塚田太郎: 第 2 回工學大會講演 (昭 7)
- (42) 塚田太郎: Rep. Radio Res. Japan Vol 18, No. 3, Dec (1939)
- (43) 難波捷吾, 前田憲一, 塚田太郎: 電學誌 607 (昭 14)
- (44) 前田憲一, 横山 浩, 錦織 清: 第 13 回聯合大會講演 (昭 13)
- (45) 難波捷吾, 前田憲一, 横山 浩: 信話誌 153 (昭 10)
- (46) 前田憲一, 錦織 清: 第 18 回聯合大會講演 (昭 16)
- (47) 前田憲一, 河野哲夫, 大森武夫: 電通誌 194 (昭 14)
- (48) 河野哲夫: 電通誌 222 (昭 16)
- (49) 前田憲一, 横山 浩, 河野哲夫, 眞島宗二: 第 17 回聯合大會講演 (昭 15)
- (50) 河野哲夫: 電試彙 4, 5 (昭 15)

第 3 節 電 子 管

1. 電子管研究の初期

當所に於ける電子管の研究は Lee de Forest の三極管の發明(1906)にその淵源を發する。de Forest の三極管即ち Audion は夙に文献に依り紹介され、當時初期の無線通信研究に没頭中の電氣試験所研究者の注意を惹いてゐた。

明治 43 年(1910)鳥潟右一氏が歐米に留學し、折良く Audion を入手、これを電氣試験所へ送付し來つたので、横山英太郎、北村政治郎、丸毛登氏等が直にその試験を行つた。その結果、感度は極めて良好で當時一般に使用されてゐた鑛石檢波器の數倍に達することが分つた。然し Audion は所謂軟真空管で、しかもガスの發生多く最高感度を長時間維持し得ず、調整が面倒で壽命が短いため俄に實用に供し難いと認められた。

その後外國に於ては着々真空管の研究が進められ、大正 2 年酸化陰極管、大正 4 年 Plotron の發表等があつたが、電氣試験所に於ては Audion の試作實驗が多少行はれたに過ぎなかつた。

唯こゝに注意すべきは、當時電氣試験所内に小規模ながら硝子工作室の設けがあり、手押式水銀ポンプに依る排氣作業が行ひ得たことである。これが後年當所に於て真空管の研究が拓けた一因をなしてゐる。

2. 電子管研究の中期

大正4年(1915)米國に於て長距離無線電話の驚異的結果が發表された。即ち ATT は小型真空管を數百個並列接続し、ニューヨーク・サンフランシスコ間、ニューヨーク・パリ間或はワシントン・ハワイ間等當時夢想だにし得なかつた長距離無線通話に成功した。この報に依り真空管の重要性が再認識され、大正5年當所に於てその研究が再開されることゝなつた。

真空管の試作研究を行ふには、先づ排氣を完全に行ふ必要を認め、Gaede の分子ポンプを新設し、ボンバードメントに依る吸蔵ガス排除に留意し、丸毛登氏等に依る受信真空管の試作が始められた。當時の受信管は直徑約2寸の硝子球の一端より2枚の平板陽極及び2枚の平板格子を、他端よりフィラメントを挿入した構造のものであつた。そして今度のもは前と異り所謂硬真空管なるため、調整が容易で、成績極めて良好であつた。

大正6年1月平磯出張所に於て、試作真空管に依る受信試験が北村政治郎、丸毛登氏等に依つて行はれたが、その結果も上々であつた。斯く受信管の試作は一應成功したので、この研究は一先づ打切り送信管の研究が開始された。

試作受信管を用ふる發振試験の結果、發熱に依る管内真空度の低下が問題となつたので、電極、管球及び電極引出を改變し或は排氣操作に注意し一應の製品を得るに至つた。大正6年5月平磯・磯濱間6軒の真空管式無線電話の實驗に初めて成功し、同月島羽・神島間の通話に成功を収めた。

この様に送受信真空管の製作が好成績を得たので、真空管を利用する新しい研究分野が急速に開拓され、大正6~7年に於て同時送受話方式、有線無線接続方式、搬送電話方式等の實驗が相次いで行はれるに至つた。而してこの研究にはすべて試作真空管を使用したのである。この頃、即ち大正7~8年の真空管の試作及び研究は主として菊池泰二氏に依つて行はれたもので、真空管性能の改善は氏に負ふ處が大きい。

上記の如く真空管の要求數量が著しく増えたために、試作設備や人手が不足となり、又真空管自體の研究が甚しく妨げられる様になつた。従つて真空管の製作を東京電氣株式會社に依頼し、試験所の技術を提供して均一な製品の供給を受けることゝなつた。同社の製品は大正8年4月から實施された東京・横濱、大阪・神戸間の搬送電信電話装置に初めて使用された。又同年末に同社と當所との共同研究の申出があつた。

當時の真空管は今日より見れば勿論甚だ幼稚なもので、特に真空度の低下に依り動作が不安定となり壽命の短いものが多く、實地試験に於ては常に多數の豫備真空管を必要とし又その製作も中々間に合はぬため、真空管試作は當所に於ても引續き行はれた。

當時の送信管はニッケル陽極、タングステン格子、出力10W程度のものであつたが、

大正12年頃に至り、田幸彦太郎、佐野昌一氏等に依り、モリブデン陽極、出力300W、陽極電壓2,500V程度のもので製作され、第二次青函試験に大いに役立つた。

大正9年乃至14年の間に於て、第一次青函無線連絡、福岡・釜山間連絡、第二次青函連絡等の大規模な實驗が相次いで行はれたが、真空管の研究は常にその基本的な役割を受け持ち、充分その責を果して來たのである。

大正9年春、横山英太郎氏が第四部長に就任した後も、真空管は無線通信技術の核心として重視され、特にその設計、製作の系統的研究を行ふ必要ありとし、大正12年以降主として楠瀬雄次郎氏がこれに當ることゝなつた。同氏の研究報告(電試報237號、昭和3年12月)は真空管設計の指針として極めて重要なものである。

大正12年9月の大震災に當り、芝浦出張所は災厄を免れたので、真空管の研究は幸に繼續し得、佐野昌一氏等は水冷管の試作に成功するに至つた。

然るにこの前後、當所は真空管の臨時研究費を失ひ、且あたかも物興し來つた放送無線電話の調査研究が當面の重要問題となつたため、以後真空管の研究は漸次縮少の路を辿ることゝなつた。斯くして昭和に入つてから、真空管の試作研究は中止の状態となつたが、その動作を回路の立場より検討する研究や一般的調査は盛んに行はれ、福田義雄、原口猷一、三浦伊登美、梶原幸氏等の多くの發表があつた。

3. 電子管研究の後期

大正の末年テレビジョンが物興するや、電氣試験所に於てはこれを採り上げ、曾根有氏が主としてその衝に當ることゝなつた。後關壯夫氏等がこれに参加するに至りテレビジョンの研究は漸次本格化し、(第4節参照)テレビジョン用電子管の研究の必要性が認められるに至つた。一方電氣通信技術の急速な進歩に伴つて、超短波或は極超短波真空管その他の特殊真空管が續々と現れ、これ等の研究も等閑に附し得ぬことゝなつた。茲に於て昭和10年及び11年に、夫々テレビジョン及び強力電波の研究に要する經費の請求を行つたが、共に豫算成立せず、更に翌12年真空管の研究に要する經費の請求を行ひ、種々折衝の結果遂に豫算の成立を見るに至つた。豫算は年經費約15萬圓、技師定員3名、土地建物借入と云ふ甚だ不十分のものではあるが、電氣試験所に於て純然たる研究に對し獲得せる恒常經費として異色あるものである。何れにせよ此處に至る迄の楠瀬雄次郎氏及び難波捷吾氏の努力はなみなみならぬものがあつた。

斯くして當所に於て真空管の研究が三度開始されることゝなり、難波捷吾氏を主任として、超短波真空管、テレビジョン等電子管關係全部を合して真空管研究班が組織された。根岸博、福田義雄、關壯夫、松平維石、安部昌二、大東收義、二條弼基氏等はこれに屬し、

新なる抱負を持つて研究を進めた。

真空管研究室の建設計画は昭和13年より実行に移されたが、種々の事情に依りその進行がはかばかしからぬ内、難波捷吾氏は12月、楠瀬雄次郎氏は翌14年3月相次いで當所を去り、松村定雄氏が第四部長に就任した。

そして根岸博氏が真空管研究班の主任となり、引続き真空管研究室の建設に従事することとなった。

昭和14年に入り、根岸博、關壯夫、二條弼基、安部昌二の4氏は協力して建築、設備、機械器具その他に對する具體案を樹てた。同年5月懸案の敷地問題解決し、11月府下北多摩郡神代村に在る國際電氣通信株式會社技術研究所敷地の一部の借入契約成立、翌15年1月建築に着工、9月落成、ガス發生設備その他の特殊附帯設備も昭和16年4月を以て一應完成するに至つた。

あたかも支那事變に際會し資材入手その他困難の多い折にも係らず、或程度の建築及び設備をなし得たのは、部長以下直接關係者の努力に因るは勿論であるが、各方面の理解ある援助に俟つところが極めて大なるものがあつた。

斯くして昭和16年5月、真空管研究班は足掛け4年待望の神代分室への移轉を行ひ、全員協力して設備の整備を急ぎ、同年6月より一部研究を本格的に開始し得るに至つた。

昭和13年以後は、上述の如く真空管研究班の主力は研究室新設に向けられ、根岸博、山宮郁彌氏等は主として建築、一般設備及び各般の折衝關係を、關壯夫、二條弼基、安部昌二氏等は主として研究用機械器具及び設備の整備關係を分擔したため、研究は狭隘な實驗室に於て餘力をもつて進められたに過ぎなかつたが、テレビジョンの研究(第4節参照)の外、電子顯微鏡、電子振動管、極超短波用電子線管、電子放射、耗波の發生或は真空技術に關する研究が、鈴木重夫、根岸博、福田義雄、桑田正信、中村幸雄、高橋實氏等に依り行はれた。又昭和14年來渡邊寧、杉浦義勝、星合正治氏等を中心とする輪讀その他が盛んに行はれた。

現存神代分室は根岸博氏、關壯夫氏、二條弼基氏、横山浩氏、山宮郁彌氏以下約50名、いづれも電子管研究三度目の開拓者の抱負を持ち、來るべき電子管時代に備へて研究に邁進中である。

第4節 テレビジョン

1. 緒言

テレビジョンの研究は60數年の長い歴史を有してゐるが、當所に於てテレビジョンの

研究を開始したのは昭和2年であつて極めて最近のことに屬する。當時の所長高津清氏、第二部長肥田丈夫氏、第四部長横山英太郎氏の指導の下に曾根有氏によつてこの研究は着手されたのである。最初の調査時代を経て、先づ機械的走査方式を選んでその簡易實用化を目標として研究を進めたが、大體その目的を達し幾多貴重な貢獻を残してこの方式の研究を完了したのは昭和12年頃であつた。然るに通信に關する技術の全般的進歩の結果として高精細度テレビジョン實現の可能性が非常に大となつて來たので、高精細度走査に適する電子走査方式の研究が重要となり、前所長密田良太郎氏、前第四部長楠瀬雄次郎氏並に難波捷吾氏の指導の下に昭和10年頃からこの方式の研究を開始し、この方面の研究に必要な真空管製作技術を築きつゝ今日に至り、その成果を將來に期して今日猶繼續中である。

電氣試験所に於けるテレビジョン研究の傳統的方针は、我が國独自の分野の開拓であつて、民間に於ける研究と協力して民間に於て研究せられて居らぬ重要な方面を分擔することにあつた。又、テレビジョン技術として集積する高級技術の通信一般への應用も心掛けられた。

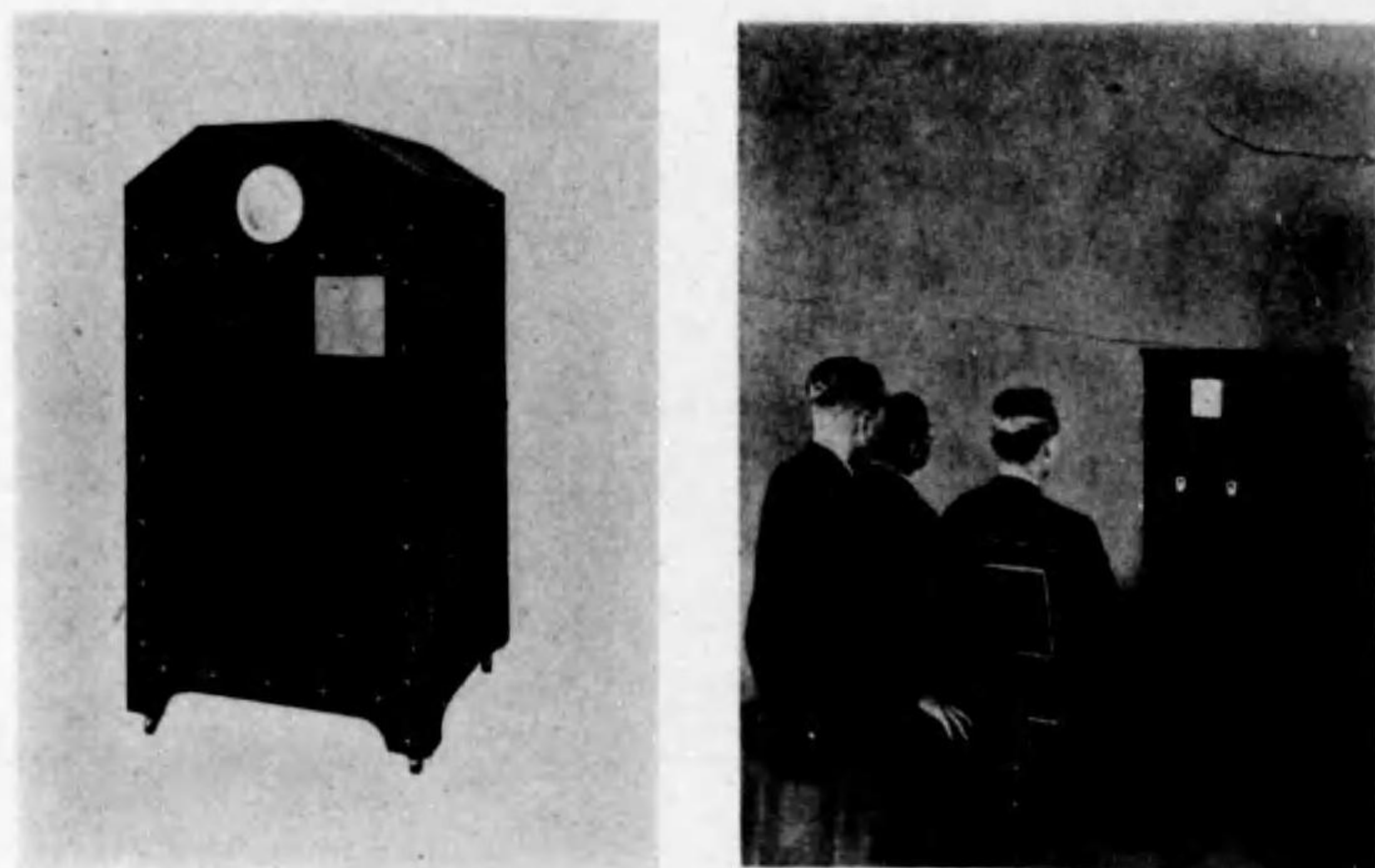
機械的方式の研究の結果として、テレビジョン電話に就いて全く獨創的裝置を完成するを得、飛越走査に對して先鞭をつけるを得、光學系に對して独自の研究を行つてすばらしく明るい非球面レンズ系を完成するを得た。尙樺太から臺灣に至る全国各地に東奔西走し多大の犠牲を拂つて公開實驗を行ひ、テレビジョン知識の普及に努力した。

現在繼續中の電子走査方式の研究は、現在までに真空設備並に真空技術を相當程度獲得し得たので、最近完成した真空管研究設備を用ひ、内部光電効果並に金屬薄膜の二次電子を利用する撮像管、色中心の現象を利用する光辨受像管、網を用ひる螢光受像管、偏向制御と電子増倍とを利用する高gm管、靜電直流型電子増倍管、交流型電子増倍光電管、光電面、二次電子面等に独自の分野を開拓しつゝある。

以下各項に就いて少しく詳述する。

2. 機械的走査方式

昭和2年寫眞電送並にテレビジョンに關する調査を開始し、翌3年高速度寫眞電送裝置の研究に資することを考慮に入れて、機械的テレビジョン裝置の研究に着手した。最初試作した實驗裝置は、紙の圓板に32個の小孔を穿つた所謂Nipkow氏圓板と寢室用ネオンランプとの組合せで、同期回轉は特殊な方法を案出して用ひた。當時外國に於ては英國のBaird氏の研究が最も著名で、これに次いで米國のJenkins氏の研究が進んでゐた様である。何れもNipkow氏圓板とネオンランプの組合せを出ない程度の極く幼稚なものであつた。



(a) 送像機 第 1 圖 (b) 受像機

その後同期方式の改良、受像光源の改良並に光學レンズの研究等に依つて、送受兩装置共に著しく進歩し、昭和6年には第1圖に示す様な送受装置を得た。この装置は人工照明を用ひずに送像出来ること並に全装置が簡単なことに於て諸外國の研究結果より秀でゝゐた。

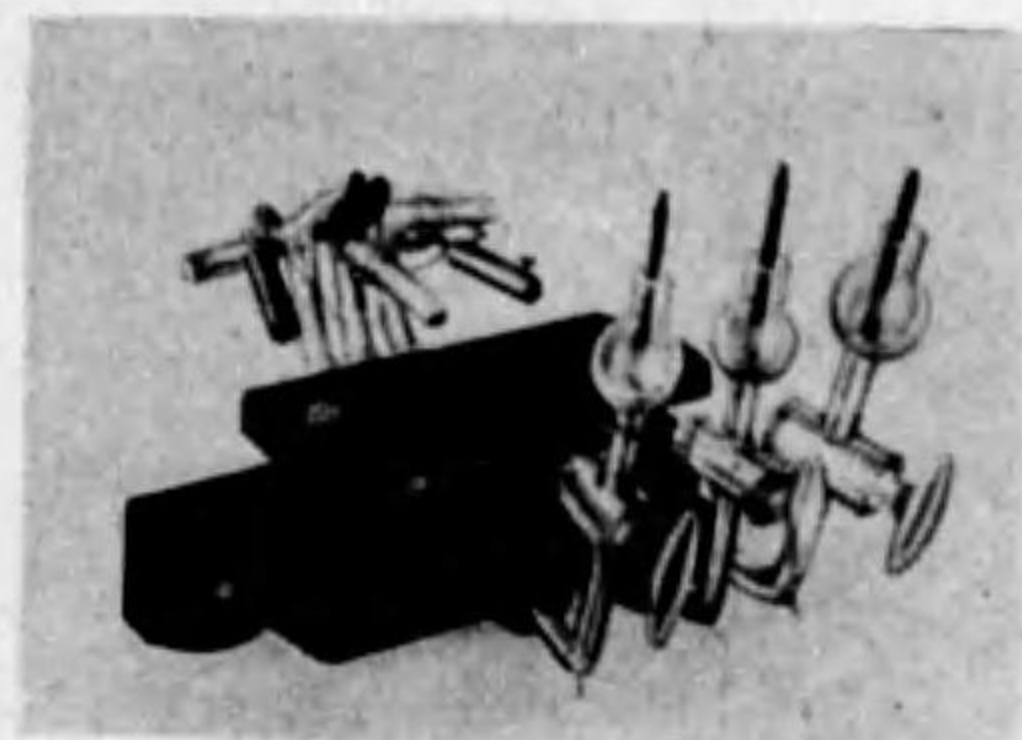
第1圖の受像機は研究費の都合で、日本放送協會の寄附によつて完成したものである。

昭和8年春第2圖に示す様な装置を完成して萬國婦人子供博覽會芝浦會場に出品し、來場者の群を實寫して一般に供覽した。この機械は天然照明のまゝで送像出来る。モニター装置を供へてみて移動物體を追跡しながら焦點を合せて送像するに便ならしめてある。走査線數も増し且獨特の一本置き飛越走査を採用して畫面のチラツキを減じ、その他取扱ひも容易なる如くに改められ、全く面目を一新したものである。本機はその當時に於ては珍重せられ各種の科學技術關係の公共的催物に公開實驗を依頼せられ、北は樺太より南は臺灣に至る日本全國に亘つてテレビジョン知識の普及に盡力した。第3圖は受像用の水銀燈で、特に動作の安定と輝度の増強に意を用ひて研究完成したものである。

これ等の公開實驗中にこの種機械的テレビジョン装置の實用化に關して私かに思ひを練り、テレビジョン電話装置を試作することゝなつた。第4圖がその機械部であるが、送受像を同時に行はねばならないので非常な困難な問題に當面した。乃ち送像するには明るい照明を要し、受像するには暗いことが望ましいからである。而も簡単な實用的装置を以て



第 2 圖 移動送像機



第 3 圖 受像用 3 極水銀燈



第 4 圖 テレビジョン電話装置

これを解決せねばならぬので、光學的研究に主力が注がれ、遂に圖に見る如き極めて大型の極めて明るいレンズ(焦點比 0.8)並に遮光器としてパラチンプラックの水溶液を發見しこの問題を解決した。

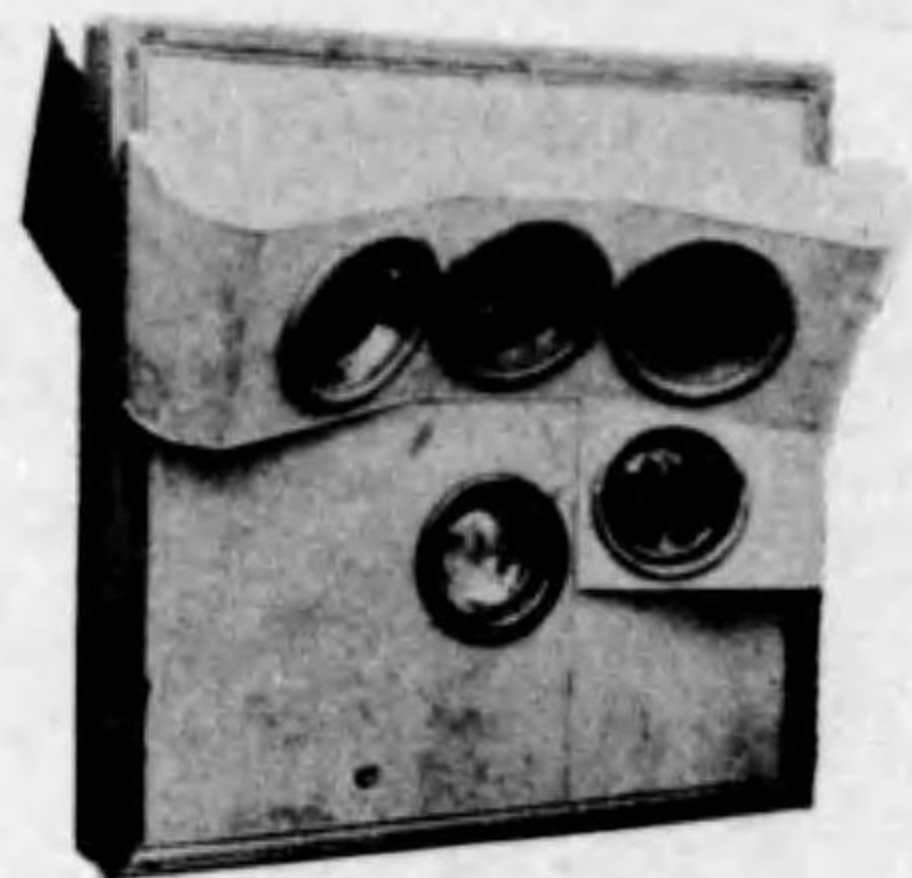
この装置も科學知識の普及に役立つといふ理由、並にその當時類例が無いことゝ全體が比較的簡單である故を以て、これ亦全國各地を公開實驗に依頼せられて行脚せざるを得なくなつた。

これ等の俗事に日時を空しうして基礎研究及び電子走査式テレビジョン装置に關する研究には甚だしい支障を來した。併し前記の各製作装置と共に昭和 10 年には長くも秩父宮

殿下の豪臨を忝うしたる際視しく豪覺の榮を擔ひ、殊に前記のレンズに關しては種々有り難き御下問と御激勵の御言葉を拜した。又大阪市電氣科學館の開設に當り説明用公開テレビジョン電話装置の設計並に製作指導の依頼を受けて第6圖の様な装置を完成した。



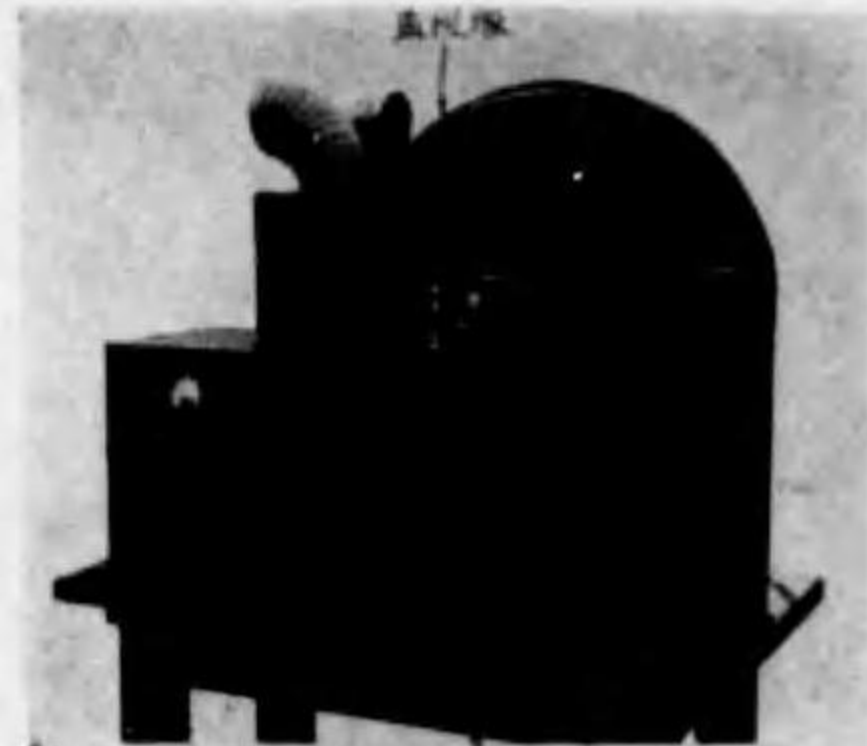
第5圖 テレビジョン電話装置の公開實驗(東京三越)



(a) 附屬光電裝置

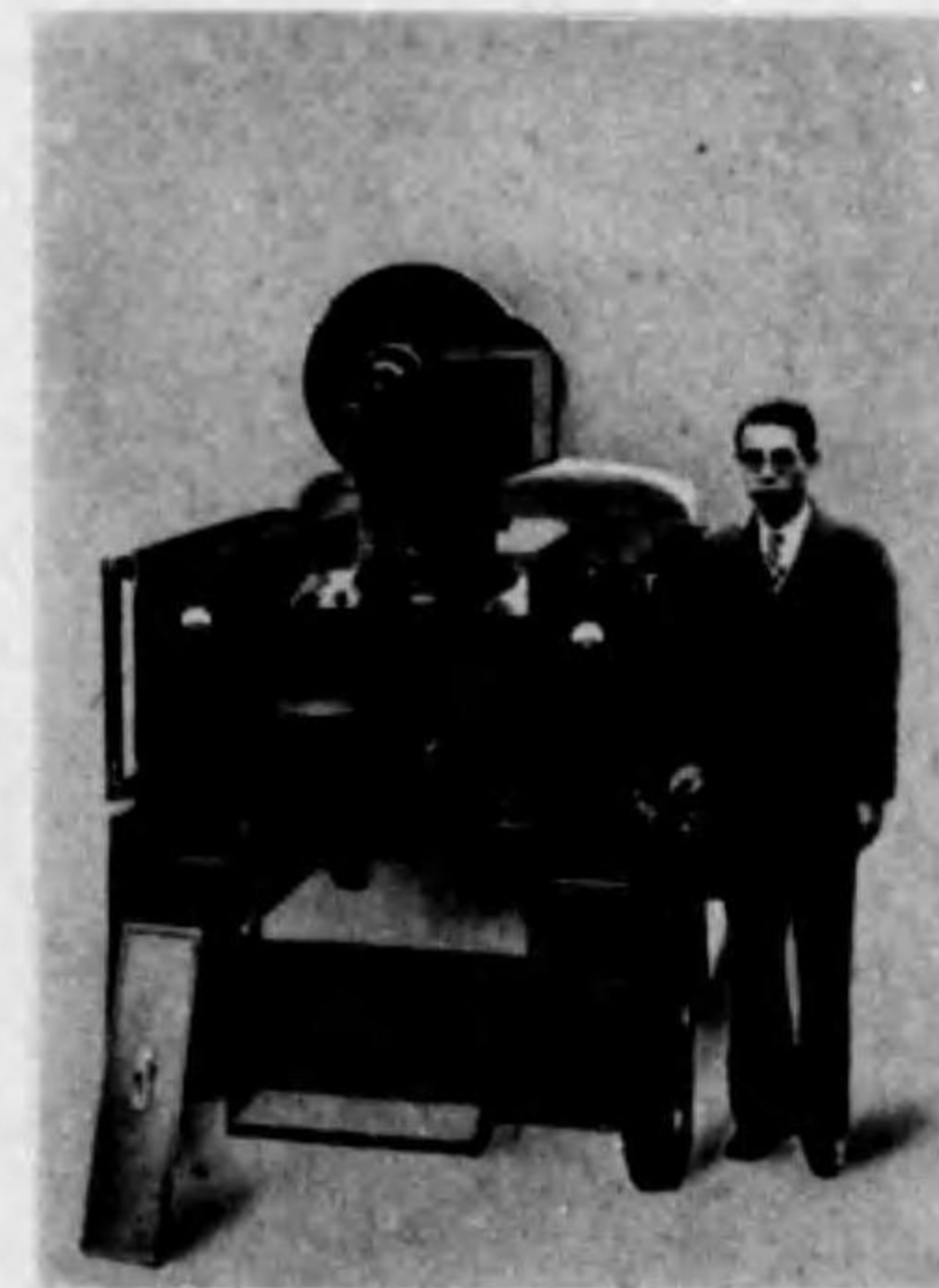


(b) 裝置表面

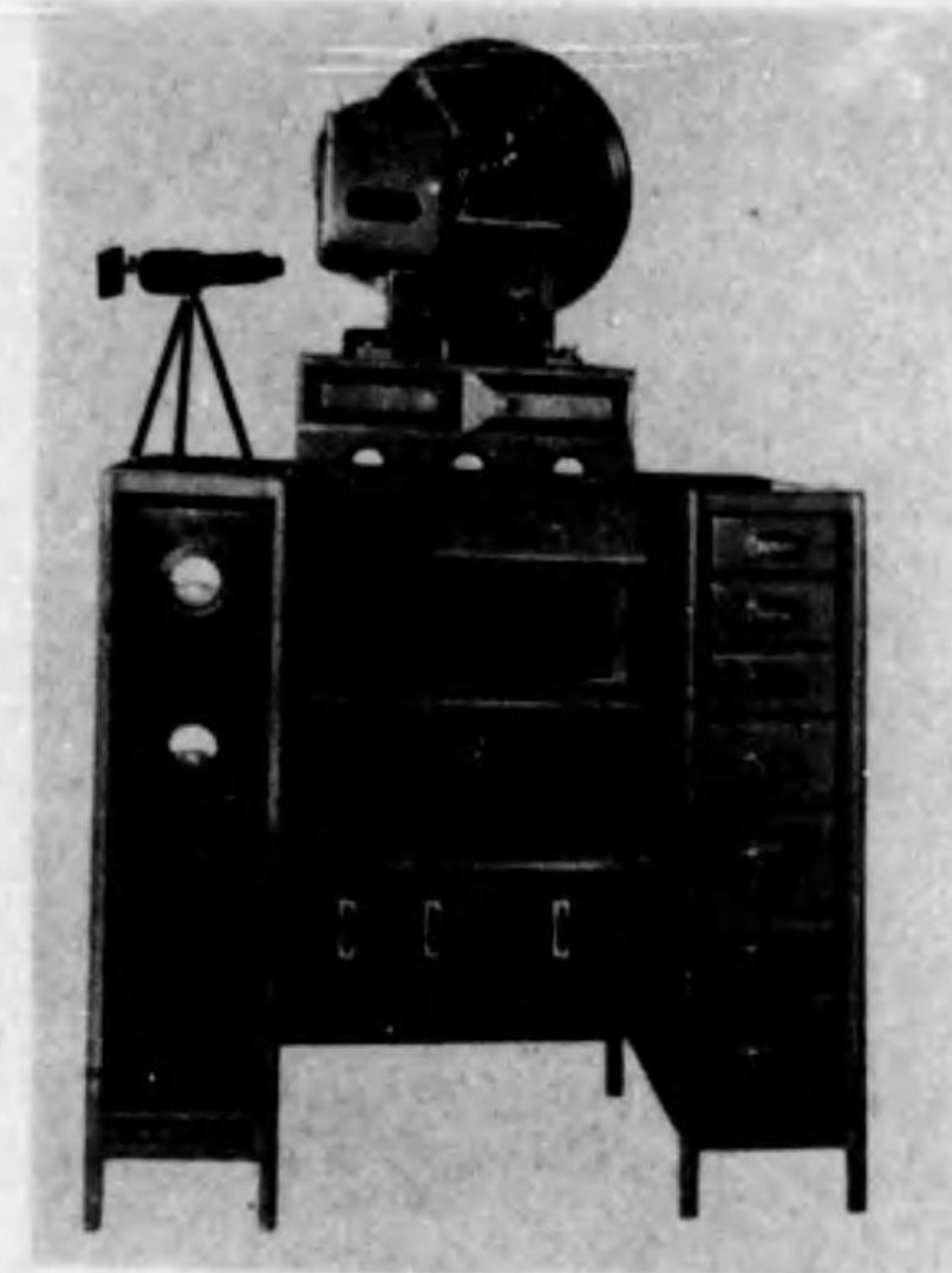


(c) 裝置裏面

第6圖 説明用公開テレビジョン電話装置



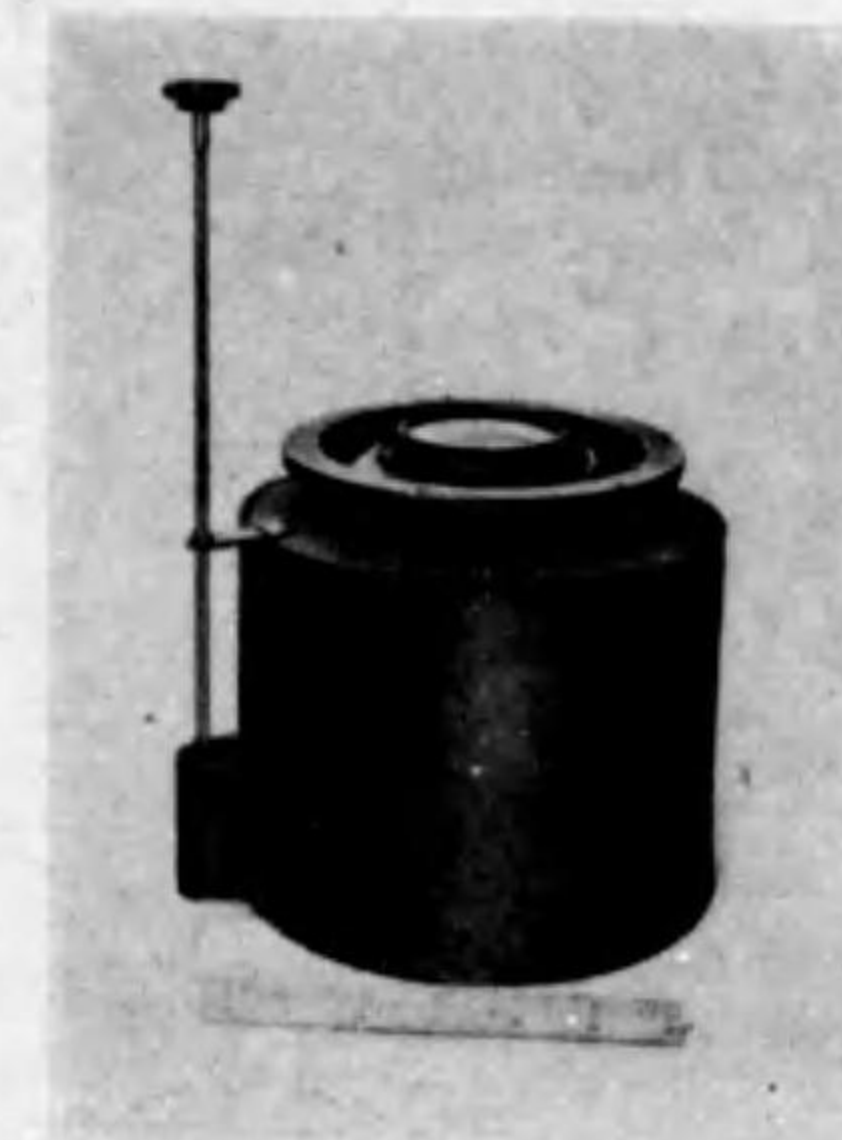
第7圖 野外實景送像裝置
(小型自動車に裝備)



第8圖 受像裝置(第7圖のものに組合さる)

以上の各装置の試作並に公演より得たる結論として、當所の機械的テレビジョンの研究は從來依託實驗に寧日なく基本的研究に費す時間の殆ど得られなかつたこと、並に將來と雖も同様なるべきことの避くべからざる以上、反つて公演用装置の完璧なるものを常備し研究半途にある装置の亂用を避けんことを期し、且一つには機械装置の精華を實現せんことも意義重大なるべきに鑑み、第7圖第8圖の如き野外實景用テレビジョン装置を試作した。

第9圖は撮像用レンズ系で、日本學術振興會の補助により完成したもので、口径 327 mm、焦點距離 450 mm、2 板の反射鏡と1組のレンズとより成り、可變焦點距離式のものである。



第9圖 撮像用レンズ系

支那事變勃發により全装置の完成を見たにも拘らず、試験調整完了に到らずして中止の止むなきに至つたことは遺憾に堪へない。

本装置は走査線數も 125 本に増加され運轉も容易で、各部の電氣回路その他一切を包含し、受像装置に於ても、修理品、電話機等に至るまで考慮せられた眞に實用向きの設計で

ある。尙この研究は曾根有氏を中心として行はれ、關壯夫、榊木進、齋藤、森本等の諸氏がこれに参加した。

3. 電子ビーム走査方式

1932年の発表に依る Farnsworth の解像管、或は 1933年の Zworykin のアイコノスコープの出現に依つて、テレビジョン方式も機械式より、電気式、即ち電子に依る走査方式へと發展する氣運が出来た。我が國に於ては濱松高工が早くから電子走査式の研究を行つてゐた。電気試験所に於てもこの方式の重要性に氣付き、昭和9年新に電子走査方式の研究を開始すべく準備を開始した。この計畫は當時の楠瀬雄次郎第四部長、難波捷吾氏を中心に、關壯夫氏、安部昌二氏が實行に参加した。その後人員の變動があり、現在は松村定雄氏以下關壯夫、二條弼基兩氏を始めとし、小池、宮地、上島、三島、山口諸氏の技術員に依つて研究が繼續されてゐる。

電子走査式テレビジョンの研究に際しては先づ各種の準備を必要とした。即ち撮像管、受像管その他特殊真空管を實際に試作して研究を行ふ必要がある爲に、真空管試作装置を設けねばならなかつた。最初の數年間はこの真空管試作装置の設備に全力が注がれ、その餘力はテレビジョン技術の産物たる多重切換管、電子増倍管の研究に向けられた。試作設備が完成してからは、撮像管、受像管の研究が開始され、又光電管、電子増倍管の試作を行ひながら研究を行ふ様になつた。以下各研究項目に従つて研究状況を述べる。

(1) 真空管試作装置の設備と真空技術の修得 昭和9年電子走査式テレビジョンの研究方針が決定してから直ちに、特殊真空管の試作装置を設備する爲の準備が開始された。

排氣装置には初め水銀擴散ポンプを使用したか、種々の不慮故障多く、昭和11年に至り、油擴散ポンプの使用に変更した。又大型受像管等を排氣する爲に、大型排氣加熱爐を設備した。

ガラス工作装置は初めは軟質ガラスの工作が出来る様にし、スポットウェルダを準備して電極の工作を行ひ得る様にした。これ等の準備を行ひ技術を修練して昭和12年に至り、大體受像管の試作が出来る様になつた。⁽¹⁾

その後設備を着々と擴充並に改善するに努力し真空技術を修得する爲に調査を行ひ⁽²⁾、又研究員1名を日本電気會社へ派して真空管試作法を實習せしめた。その後排氣臺も光電管等の試作が行へる様にし、ガラス工の人員を増加し、硬質ガラスの細工を開始し、又電極組立を加へた爲に、撮像管、大型受像管、光電管、二次電子管の製作も容易となつた。昭和14年に至り、新に真空管研究の豫算の通過を見、真空管研究班が出来上つたので、テレビジョン研究班はこれに参加し、新設せられる神代分室の真空管製作設備の準備を行

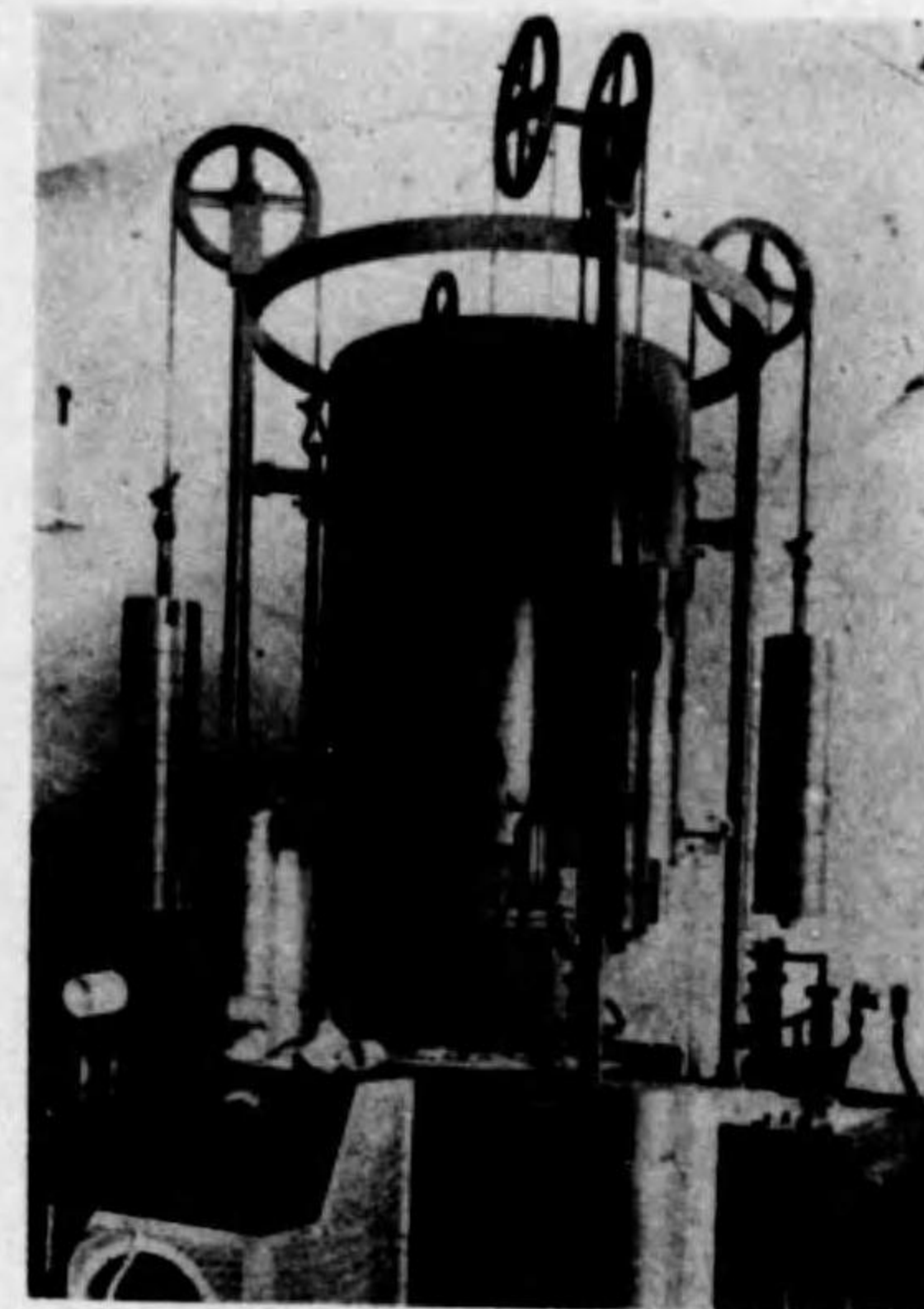
ひ、従来の排氣装置の他に一般真空管の排氣装置も新設し、ガラス工作室を擴充し、陰極製作設備も設け、又機械工作も行へる如くして、昭和16年にこれの大體の完成を見た。目下分室に移轉し着々と真空工作の實を擧げてゐる。

(2) 受像管の研究 陰極線發射装置は受像管及び撮像管等の根本をなすもので、先づこの方面の研究が行はれた。當所に於ては靜電集束、靜電偏向型を採用し、電極は何人にも組立てられる様に組立式を用ひた⁽³⁾。昭和12年秋に至り、初めて陰極線發射装置が完成し、螢光面上にスポットを生ぜしめ得る様になつた。以來種々の改良が行はれ受像管として使用出来る迄に進んだ。螢光物質も硅酸亞鉛を始め、硫化亞鉛、タングステン酸カルシウムの類まで使用する様になり、又受像面の直径も15種より35種の大型のもの迄試作出る様になつた。スポットの大きさも0.25耗のものが出来た。その他ガラス上の螢光面はハレーションを生ずる缺點があるので、その改良として金屬網上に螢光面を作ること

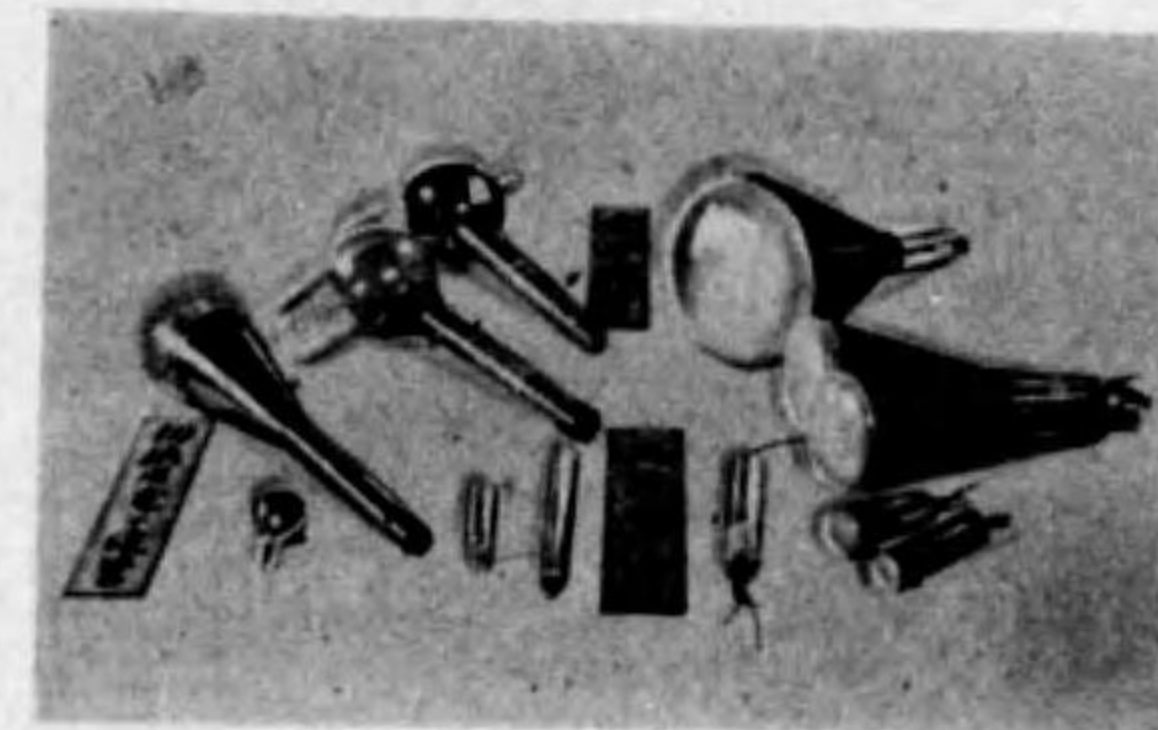
に成功し、現在その改良が着々行はれてゐる。又電子ビーム射突による透明度變化を利用する映寫受像管に就いて研究が行はれてゐる。

(3) 撮像管の研究 撮像管の研究はテレビジョン研究の主體をなすもので、當所に於ても早くから内部光電効果を利用する撮像管の案があつた。⁽³⁾ 試作設備の完成とともに實際の研究が開始された。この方式は蓄電板の研究に重點があるので、内部光電効果物質例へば鹽化カリウムに依る蓄電板の試作研究が行はれ、種々改良が行はれて、撮像管としての實驗の結果實際に撮像することも出来た。

昭和13年にはセシウム光電管が出来る様になり、續いて、アイコノスコープの試作も



第10圖 テレビジョン用電子管排氣装置(昭和12年頃)



第11圖 試作テレビジョン用真空管

行つた。これも落像板のモザイクの試作及び、これを光電感光面とする點に困難さがあつたが、約1年間の後には相當感度のあるアイコノスコープの試作に成功した。このアイコノスコープは回路研究關係に於て實際の外影の撮像に成功した。

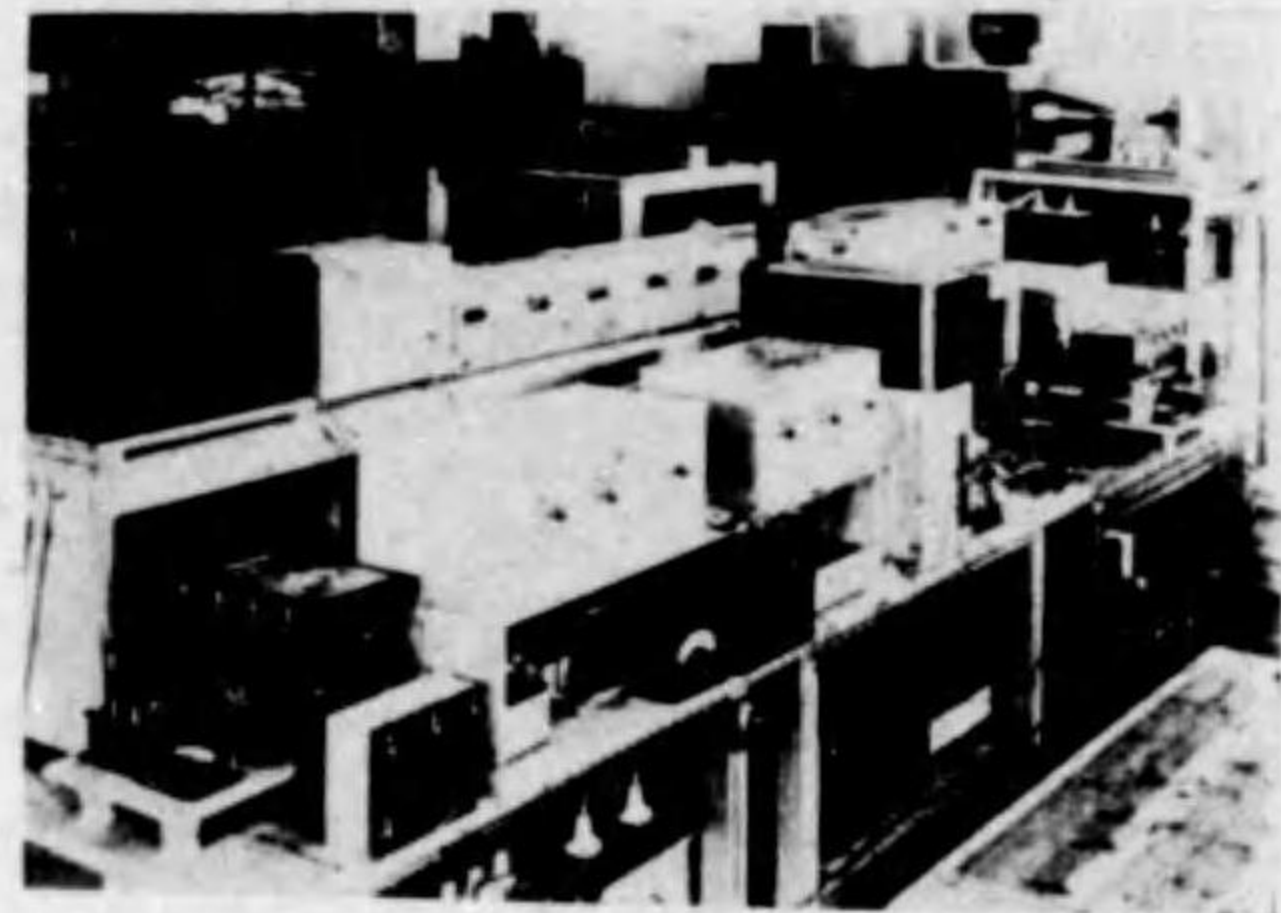
その他昭和14年には陰影歪を除去したオルシマンなる低速度走査撮像管の發表があり、當所に於ても低速度走査の一方法を得て豫備實驗を行つた⁽⁴⁾。

(4) **テレビジョン回路の研究** テレビジョン用受像管、撮像管の特性を試験する爲には、映像信號の増幅器及び同期装置がなければならない。當所に於ても撮像管受像管の研究に並行してこの方面の研究を行つた。昭和12年より回路の研究が開始され、始めは撮像管が出来なかつた爲に別の方法に依りテレビジョン信號の發生を行つたが、後に至り撮像管も出来る様になり、試作アイコノスコープに依り外景の撮像にも成功し、一方インパルス管或はモノスコープ管を使用して回路の改良を行つた。⁽⁶⁾ その他テレビジョンスタジオ照明用の光源に用ふる漏光器について實驗しバラチンプラック溶液が好結果を與へることを證明した⁽⁷⁾。

(5) **テレビジョン研究に附屬せる重要研究** テレビジョンの研究はその困難を解決する手段として非常に基礎的な方面にもその分野を擴げてゐる。又テレビジョン研究の副産物としてその技術の一般通信への應用と云ふ重要な研究題目がある。この事實は萬人の認める處であつて、この意味からもテレビジョンの研究は重要である。前者の例としては光電陰極面及び二次電子面の研究があり、後者の例としては多重切換管、電子増倍管、偏向制御管等が擧げられる。

當所に於ても、昭和13年に真空技術が修得出来、又排氣装置が完成してからは光電陰極面の研究を行つた。テレビジョン撮像用としては、セシウム光電陰極面が重要な對象であるので、この方面の試作研究を行つた。約半年の後には相當感度のあるものが出来、この技術は直ちにアイコノスコープ研究に應用した。光電陰極面については現在も研究中である。

後者のうち多重切換管⁽⁸⁾は陰極像管の研究に附隨するもので、多重通話を電子ビームを以つて切り換へるもので、初期即ち昭和11年に、外部で試作せる真空管で實驗を行つた



第12圖 テレビジョン回路研究室
(昭和12年頃)

が、幾多の改良を必要とする點を見つけ、目下研究中である。この方面の研究には大東收義氏が大いに貢獻した。

電子増倍管は二次電子放射を多段に繰返して電子数を増倍する真空管でテレビジョン研究の産んだ一つの増幅方式である。多極管増幅に比し雑音が少なく、一つの電子増倍管を使用して非常に大なる増幅度が得られる有望な増幅管である。實用化したのは1935年 Farnsworth の解像管の映像信號増幅に應用されたのが初めて、その後多くの研究者に依り、多數の方式が發表された。電子増倍の方式としては大別して、交流式直流式に分けられ、各々が靜電型、電磁型に分けられる。當所に於ても外國と同時に二次電子管の研究が開始され⁽⁹⁾、各種の新方式が發表⁽¹⁰⁾された。當時は當初に於て未だ真空管の試作設備なく、外部に依存した爲に研究上の支障があつた。始めは直流、靜電型の一方式の研究が行はれ次に交流靜電型の研究⁽¹¹⁾が行はれた。

電子増倍管は直流分と交流分を同時に増大するので直流分が大となり過ぎる爲に交流分を十分に増大出来無くなることもある。この點は電子増倍管の缺點であつた。この直流分除去の問題を解決して大 gm 管を得る目的で偏向制御方式の研究が行はれたが⁽¹²⁾、研究者の一人の病逝に依り一時中断せられてゐる。

その後別に普通の光電管に直流と超高周波を重疊して光電子増倍が簡單に行へることを知り、⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾ その方面の研究が行はれ、現在も經續研究中である。

又二次電子放射面自體の研究も行はれ、放射面に使用される Ag-Cs₂O-Cs 面の Cs₂O 層の厚さの放射率に及ぼす影響の研究も行はれた。電子増倍管は現在は未だ殆ど實用にはなつて居らないが、その將來は普通の増幅真空管に代つて用ひられ、大いにその性能を發揮するものと豫想せられる重要な研究の對象である。外國に於ては着々とこの方面の研究が進んでゐることが、文献に依つて知られ、電氣試験所に於ても又大いに努力してゐる次第である。

文 献

- (1) 關 壯夫, 安部昌二: 電試彙 2, 1, 11(昭13)
- (2) 二條弼基: 電試彙 1, 12, 49(昭12)
- (3) 關 壯夫: 特許 112955(昭10)
- (4) 二條弼基: 電試彙 4, 11, 25(昭15)
- (5) 大東收義: 電試彙 2, 2, 25(昭13)
- (6) 關 壯夫, 小池莊介: 電試彙 3, 10, 24(昭14)
- (7) 關 壯夫, 二條弼基, 森友芳二郎: 電試彙 2, 10, 23(昭13)
- (8) 難波捷吾, 河野廣輝, 關 壯夫: 特許 120035(昭12)
- (9) 關 壯夫: 第3回工學大會豫稿 信話誌(昭11)

- (10) 關 壯夫, 松平維石: 電試彙 1, 3, 129 (昭 12)
 (11) 關 壯夫, 清野 武: 信話誌 (昭 11)
 (12) 關 壯夫, 富矢 努: 電試彙 2, 8, 21 (昭 13)
 (13) 關 壯夫, 二條弼基: 電試彙 3, 6, 32 (昭 14)
 (14) 關 壯夫, 二條弼基: 第 4 回工學大會豫稿 (昭 15)

第 5 節 周波數標準

1. 緒 言

無線通信の搖籃時代には、減衰電波が使用せられてゐた爲、波長に對する觀念は極めて漠然としたものであり、且通信の通達距離も極めて短く近海航路の船舶を相手としたに過ぎなかつたので、混信の妨害も比較的僅少であつた爲、周波數標準化のことは殆ど問題とならなかつた。而して電波の周波數が問題となり、周波數標準化が喧傳せられ始めたのは第一次世界大戰後のことで、このことが軌道に乗つて周波標準器の研究が始められてから僅々 20 年を出ない。當電氣試験所に於てもその必要を認め、夙に周波數標準化のことも考慮せられてはゐたが、餘り古いことは記録の不備不明確の爲判然としない。周波數標準化の研究が本格的となり高周波數標準器が創設せられたのは昭和 2 年 9 月のことで、爾來 10 數年間に於けるその進歩は目醒しく創設當時は唯 1 臺で、その主要部分も殆ど外國の製品であつた周波數標準器が、現在では 6 臺となり、而もその全部が本邦技術者の手に成つて居り、且標準として使用する水晶振動子の截斷様式或は支持方式等は當所に於ける研究の成果であり、その信頼度も 1×10^{-5} より現在は 2×10^{-8} にまで飛躍向上して居ることを思ふとき、轉た感慨に堪へないものがある。次に當所に於ける周波數標準器の創設當所よりの發達經過及び現状に就いて記述する。

2. 周波數標準器の創設

第一次世界大戰に於て急速に發達した無線通信事業は、技術の發達に伴ひ通達距離の増大と通信回線の激増とが特に著しく、その結果通信の航速を計り且通信相互間の妨害を防ぎ迅速確實ならしめんには、使用周波數を標準化し常に信頼すべき確度を以て通信を行ふことが國際間に緊急解決を要する問題となつた。大戰の爲 1912 年の London に於ける萬國無線會議以來開催することの出来なかつた無線會議が、1921 年 Paris に於て開催せらるゝや、各國の使用波長範圍に就き議論があり、又翌年 Wasington に於て開かれた無線會議には特殊の用途のものには狭い波長範圍を與へることが提案される等、漸く波長の問題がやかましく喧傳せらるゝに至つた。斯くて周波數標準化の問題は、各國ともこれを重視し、或は平行線に依る標準化の實驗に、或は標準周波計の製作に努力し、或は絶對測

定を行ふことの可能な低周波數を標準として、その高調波を利用する標準化の方法の研究が出現する等、年々周波數標準化の問題は切實となり、益々多事となつて來た。當電氣試験所に於ても夙に周波數標準装置の必要を認め、音叉發振器を始め、周波數絶對測定の容易な可聴周波數發振器の周波數安定度或は測定法の研究を行ひ^{(1)~(6)}、かなりの成果を得、大正の末期には真空管運轉式音叉發振器を標準器とする確度 1×10^{-5} の可聴周波數標準を完備し周波數 10 kc 以下の試験に或は研究に實用し大いにその性能を發揮してゐた。然るに無線周波數の標準化が問題となるに及び安定度大にして確度高く取扱の容易な 10 kc 以上の高周波數標準装置の必要を痛感し、各國の高周波數標準化の現状調査を行ひ⁽⁷⁾、その結果低周波數標準音叉の振動數を基礎とし、Harmonic 法を用ひ多數の Multiple 及び Submultiple を求め、廣い周波數範圍に亘り Frequency spectrum を作り、これにより任意の高周波數を較正する方法が有望であるとの結論に達した。偶々この原理に基づき National Physical Laboratory の D.W. Dye 氏の設計にかゝる英國 Sullivan 會社製の周波數標準装置を仔細に試験研究するの機會を得、これを參考とし確度 1×10^{-5} の高周波數標準装置を設置することになり、昭和 2 年 9 月これに着手した。本装置は周波數 1,000 c/s、周波數溫度係數 -1.8×10^{-5} の真空管運轉式音叉發振器の周波數標準器と、標準周波數の高調波を取出し周波數の測定を行ふ比較測定回路と、標準周波數の絶對測定を行ふ Phonic motor 回路とより成る。この中真空管運轉式音叉發振器と高調波の Selector 回路とは National Physical Laboratory の D.W. Dye 氏の設計にかゝる英國 Sullivan 會社の製品であり、Phonic motor は米國 General Radio 會社の製品であつて、Multi vibrator 及びその他の部分は日本無線電信電話株式會社に命じて製作せしめたものである^{(8)~(11)}。尙、周波數の絶對測定には正確な時間を必要とする。而してこの時間の測定には當初單本位室保管の Clemens Riefler 會社製の標準時計を使用した。又當時は高確度を必要とする周波數測定の要求も割合に少く、且標準器の公稱確度も 1×10^{-5} であつた爲、標準器の晝夜連續運轉を行ふ程の必要もなく、標準周波數の絶對測定も必要の都度標準時計を以てこれを行ふこととした。従つて時報に依る標準時計の較正とか或は標準時計に依る周波數の絶對測定の際、誤差の原因となるものは極力これを除くやうに工夫を施した。即ち時計の齒車の齒の不整及び繼電器の time lag の不整等機械的操作の不同が誤差を生ずるのでこれを除去する爲、光電管を使用し標準時計の秒信號を得るやうに改良した⁽¹²⁾、然し後には絶對測定の確度の要求が漸次高まるにつれ、時計の歩度が氣壓溫度等の影響を受けて一日中必しも一定でなく、測定の誤差を大ならしめる懼れがあつたので、時報に依り標準周波數を直接測定することとし、標準時計は極めて短時間比較の中介に使用

する所謂 24 時間測定の方法を採用した⁽¹³⁾。然し現在行つて居る如き周波数標準器の長期間に亘る連続運轉を行ふやうになつたのは餘程後のことである。

昭和 3 年 8 月上記の標準装置が略完成すると、機會ある毎に國內及び海外の周波数標準器との比較を行ひ、専ら本装置の確度の維持及び向上に務めた。國內に於ける相互比較に就いては文部省管下の學術研究會議の電波研究委員會が、國內標準器の統一を圖るべく特別委員會を成立させ、陸海軍及び逓信省がこれに参加し、相互に援助し鞭撻して周波数標準の向上に努力した結果、標準器の改良と比較方法の向上と相俟つて年を追つて好成績を得るやうになつた。即ち比較の第 1 回は昭和 3 年 8 月より 12 月まで水晶發振器を仲介として行はれたが、當時未だ標準装置の完備しない所もあつて好結果は得られなかつた。然るに昭和 5 年 8 月海軍技術研究所平塚出張所より周波数約 1 kc で以て變調した電波を 5 分間毎に 1 分間發射し、この變調電波の同時測定に依る相互比較を行つた。これは各所の標準器の確度の向上と比較方法の當を得てゐた爲多年に亘る努力も茲に報いられ、遂に 1×10^{-5} 以上の確度を以て 3 個所に於ける測定結果の一致を見た⁽¹⁴⁾。又海外諸國の周波数標準器との比較は、昭和 5 年 1 月當所神保技師が海外留學の途上周波数標準器の國際比較に使用せられた Loewe Radio 製の共振周波数約 10 kc の發光水晶共振器の周波数測定を行ひ、獨逸の Physikalisch-Technische Reichsanstalt、英國の National Physical Laboratory、米國の Bureau of Standards に於ける測定値と偏差 1×10^{-5} 以内に於て一致をみた⁽¹⁵⁾。

以上記述した如く、當所に設置した周波数標準器が 1×10^{-5} 以上の確度に於て維持せられてゐることは明瞭となり一應所期の目的は達せられた。然し標準の音叉發振器の周波数温度係数は普通の音叉發振器のそれに比較すれば小さいが、未だ -1.8×10^{-5} であり且音叉の熱容量が極めて大である爲、標準器の連續運轉を行つて居らなかつた當時に於ては、使用に當り標準音叉發振器を收容してゐる恒温槽の所定温度にまで上昇させ、愈々測定を開始出来るまでには猶數時間を要すると云ふ始末でその後の研究に俟つ處が多々あつた。加ふるに無線界の長足の進歩は益々通信の幅濶を生じ、混信防止の問題は無線會議に於ける重大な議題となり、1929 年(昭和 4 年)和蘭のヘーグに開催せられた CCIR に於ては、業務別に發射電波周波数の公稱周波数に對する許容偏差が議定せられた。中でも放送周波数に於ては許容偏差を 50% と定められたのである。これは 1,500 kc の放送周波数に對しては許容偏差が 3×10^{-5} となると云ふ有様で、確度 1×10^{-5} の周波数標準器を以てしては猶不充分となり少くも 1×10^{-6} の確度を必要とするに至つた。尙、無線界の趨勢よりすれば近き將來に於て 1×10^{-7} の確度を必要とすることも容易に想像される有様となり、こ

の方面の研究も益々多事となつた。而して周波数標準器の確度を 1×10^{-6} 或はそれ以上に向上せんとすれば、從來使用して來た真空管運轉式音叉發振器を以てしては、音叉の温度係数がなほ大き過ぎる嫌があり、新に氣壓、濕氣又は永久磁石の減磁等の問題に就いても考慮せられなければならなくなつた。然るに 1920 年 W.G. Cady 氏に依つて發明せられた水晶發振器は周波数安定度に於ては從來真空管運轉式音叉發振器に比し周波数温度係数と支持方法との點に於て猶稍劣つてゐるとの感があつたが、この頃に至り安定度に關する研究が急速に進捗し、加ふるに Multivibrator に依り水晶發振器の周波数を絶對測定の便利な可聴周波数にまで運降することが可能となつたこと等の爲、水晶發振器が周波数標準器として大いに有望となり、外國に於ては已に水晶發振器を使用した周波数標準器も出現すると云ふ状態になつた。これより先、當所に於ても曩に完成した周波数標準装置を使用し、周波数標準用として低周波用水晶振動子の周波数温度係数低下法及び振動に影響を與へることの少い支持方法の研究に専念し、昭和 6 年頃一應の成功をみた^{(16)~(18)}。依つてこれを使用して周波数副標準器用の水晶發振器を設計して關係方面へ配布し、或は昭和 3 年以來隨時行はれて居る陸海軍逓信省間の周波数標準比較の仲介用水晶發振器、或は發光水晶共振器として提供してかなりの好成績を得た。

3. 水晶時計式周波数標準器の設置⁽¹⁹⁾

さてこの研究結果を利用して當所に現在設置してゐる水晶時計式周波数標準器の試作の計畫を立てたのは昭和 7 年であつて、始めの計畫では確度 1×10^{-6} であつたが昭和 11 年完成したものは 1×10^{-7} であつた。これが完成に至るまでに得た諸資料に基づき更に性能の高い標準器の設計を終つたのが昭和 10 年である。この頃日本無線電信株式會社に於ても信頼度の高い周波数標準の必要を感じ、その製作を計畫し、設計その他に關して技術的援助を當所に依頼して來た。依つてその依頼に應じて當時得られてゐた資料を基として最高級と思はれる装置の基礎設計を行ひ、日本電氣株式會社に製作を命じた。會社の手を離れたのは昭和 13 年の夏であつた。一方日本無線電信株式會社は國際電氣通信株式會社となり、事情も變化せるものゝ如く、本周波数標準器の如き當時最高級の標準装置を一會社に於て所有し又運用するよりは、周波数標準に就いて長い歴史を有し維持運用に關して權威のある電氣試驗所に寄贈する方が大局より見て利益大なりとの主旨の下に電氣試驗所に寄贈せられたのである。本周波数標準器はその後精密調整に案外時日を要し、最初の計畫に近い運轉を開始し得たのが昭和 14 年 7 月からである。

本器は 4 個の水晶時計式周波数標準器を主體とする装置であつて、各水晶時計は周波数 50 kc 周波数温度係数 -2×10^{-6} の水晶振動子を真空中に封じたものを周波数標準とした

水晶發振器と、その周波数を 1,000 ω まで遅降する爲の 3 個の Multivibrator と、この振動数を積算する Phonic motor とより成る。本器は晝夜を問はず長期に互り連続運轉を行ひ、周波數變動の經歷を明瞭ならしめ、標準として高度の信頼度を保たしめてゐる。尙、周波數標準器が只一つしかない場合にはその信頼度は決定し得ないが、周波數標準器が多數ある場合にはその信頼度を決定し得るのみならず、その何れよりも信頼度の高い標準周波數を計算上出現せしめ得られるし、優秀な標準器が多數あれば、一連の多數の時報を使用して個々の時報の誤差を算出する事が出来る。依つて、周波數標準器が少くとも 3 個以上ないと周波數標準の維持が満足に行はれない。その上故障を考慮すれば最小限度 4 個を必要とする。以上が本器に 4 個の獨立した周波數標準器を装置した所以である。後に尙この外に略同様の内容を有する水晶時計式周波數標準器 2 個を沖電氣株式會社に於て製作し、現在 6 個の標準器を所有してゐる。

さて電波研究委員會の主催する周波數標準器の陸海運 3 省間の比較試験は第 3 回の昭和 5 年 7 月より 8 月にかけて行つた變調電波を使用する方法の後を受けて回を重ねること 9 回、その間各所は比較試験の結果に基づいて周波數標準装置の改良と相互比較とを交互に反覆して一致の程度を高め今日に至つた。斯くして最近の電氣試験所に於ける周波數標準器の信頼度は大體下記の如きものである。

即時公算誤差	2 $\times 10^{-7}$ 程度
準即時公算誤差	1 $\times 10^{-7}$ "
精算公算誤差	2 $\times 10^{-8}$ 程度の見込

これを昭和 2 年 9 月創設した當時の周波數標準器に比較すると、装置の規模に於て又信頼度に於て全く隔世の觀が在り、轉た感慨に堪へないものがある。然しながら無線技術の發達は益々周波數の標準化を必要とし、現在周波數の精密測定を必要とする方面の希望は絶對誤差が 1 $\times 10^{-6}$ 以内である事と、而もそれが即時に判明する事とである。この事から測定上起る誤差を考慮に入れて標準の公算誤差の許容限度を計算すれば、即時公算誤差が 1 $\times 10^{-7}$ 以内である事が必要になつて来る。眼を轉じて外國に於ける周波數標準の現状をみるに、注目すべきものは獨英米 3 國の研究で、中でも獨逸の水晶時計式周波數標準器の研究は驚歎に價するものがある。同國々立物理工學研究所に在る水晶時計式周波數標準器の確度は 1 $\times 10^{-9}$ であると稱せられて居り、又最近開始した標準周波數の週日發射に對する偏差の實測報告を見ると、この水晶時計を標準として 10 $^{-9}$ の單位で毎月發表せられてゐる。英米の最近に於ける標準器自體の研究發表は見られないが、この程英國郵政廳に於て新設した Baldock の周波數監視局の周波數標準の公稱確度は 3 $\times 10^{-7}$ であり、又米

國標準局の Belltsville 發射所より出してゐる標準電波は最近 1 $\times 10^{-7}$ 以上の確度があるとの事である。

4. 結 言

上記の如く、當所の周波數標準器は近年飛躍的にその信頼度を高めては來たが海外に於ける著名の研究所のそれに比すれば遙に猶及ばない感がある。然るに時局の進展に伴ひ高度國防國家體制に即應すべく無線通信路も増設せられ、將來東亞共榮圈をサービスエリアに持つ標準電波の發射も實施せられんとする今日、我が國に於ける周波數標準の原器を以て自任する當所の周波數標準は將來に對しては勿論のこと、現状に照しても改良の必要を痛感する次第で、現に運轉中の水晶時計式周波數標準器に就いて行つた諸調査に基づき、水晶發振器の周波數安定度向上に關する研究、又連続運轉中の故障の大部分を占める水晶發振器の周波數遅降回路の安定化の研究等に改良の重點を置き目下研究を續行中である。

文 献

- (1) 神保成吉：信話誌 62, 465 (昭 2)
- (2) 神保成吉：電學誌 469, 856 (昭 2)
- (3) 神保成吉、稻垣喜一：電學誌 470, 910 (昭 2)
- (4) 神保成吉：電學誌 132 (昭 3)
- (5) Jimbo, S.: 電試研 236 (昭 3)
- (6) Jimbo, S.: IRE, Vol. 17, No. 11, 2011, Nov., (1929)
- (7) 難波幸一、難波捷吾：電試調 49 (昭 3)
- (8) 難波幸一：信話誌 69, 563 (昭 3)
- (9) Namba, Y.: paper No. 399, World Engineering Congress in Japan, Nov., (1929)
- (10) Namba, Y.: IRE, Vol. 18, No. 6, 1017, June, (1930)
- (11) 神崎靜夫：電試研 319 (昭 6)
- (12) 河野廣輝：電一彙 4, 2, 1 (昭 4)
- (13) 河野廣輝：電一彙 4, 2, 4 (昭 4)
- (14) Takatsu, K., Tani, K & Kusunose, Y.: Rep. Radio Res. Japan, Vol. 4, No. 2, July, (1934)
- (15) Jimbo, S.: IRE, Vol. 18, No. 11, 1930, Nov., (1930)
- (16) 松村定雄、神崎靜夫：第 2 回工學會大會電氣部會講演豫稿 172 (昭 7)；信話誌 111, 833 (昭 7)
- (17) 松村定雄、神崎靜夫：電學誌 532, 932 (昭 7)
- (18) Matsumura, S. & Kanzaki, S.: Rep. Radio Res. Japan, Vol. 4, No. 2, 105, July, (1934)
- (19) 河野廣輝：電試彙 3, 12, 9 (昭 14)

第 6 節 航 空 無 線

1. 緒 言

近年世界の航空輸送事業の發展には頗る目覺ましいものがあるが、我が國に於ても昭和

4年東京・大阪・福岡間に最初の定期航空が行はれてから僅か10餘年を経過したに過ぎないが、現在は南洋群島を含む国内主要地間は勿論、滿洲、北支、中支、南支、更に遠く泰國にまで定期航空路が延長されてゐる。この様な航空輸送事業の發展に伴ひ、航空無線技術も長足の進歩を遂げつゝある。

航空に関する無線技術は航空通信、航空機嚮導、及び着陸嚮導その他の應用の4種に大別する事が出来る。次にこれ等のものを分類列挙すれば、

A. 航空通信

- a. 地上局相互間の通信
- b. 地上局航空機局間の通信
- c. 航空機局相互間の通信
- d. 氣象放送

B. 航空機嚮導

- a. 無線航路標識
- b. 無線目標々識
- c. 地上方向探知機による嚮導
- d. 機上方向探知機による嚮導

C. 着陸嚮導

D. その他の應用

- a. 無線高度計
- b. ラジオゾンデ
- c. 航空機無線操縦

等である。

上記の中、Aの航空通信に関する事項は地上設備としては何等従來の無線技術と異なる點はなく、機上に搭載する送信機、受信機、電源及び空中線等を如何にして小型、輕量、高能率且動作確實なものに製作するかと云ふ點と、如何にして通信施設を迅速確實に運用するかと云ふ運用機構の整備とが苦心の要する點である。Bの航空機嚮導及びCの着陸嚮導に関するものは無線技術者の最も興味ある問題で、又重要問題であるから世界各國共に優秀な方式の完成に努力してゐる。Dの高度計、ラジオゾンデ、航空機無線操縦その他の各種應用も益々研究が進められ、航空に對する無線の應用分野は次第に擴大されるものと思はれる。

2. 歴史的經過

(1) 外國の狀況 A. 航空通信 航空に對する無線の應用は1910年頃より着手され、第一次大戰前の1914年米國軍に於て飛行機上に無線機を搭載して送受信を行つたのが世界最初のものである⁽¹⁾。大戰中には偵察機と地上との間に通信が行はれた。當時の送信機は火花式、受信機は鍍石檢波式のものであつたが、真空管の研究が進み、航空機用の送信機受信機も真空管式のものになつた。大戰後航空技術の躍進に伴ひ航空無線技術も長足の進歩を遂げた。歐洲に於て最も早く航空輸送事業が發達したのは英國であつて、同國では1919年に定期航空が開始された。先づ氣象放送が必要となり英帝國空軍の各地無線電信局より放送を行つた。次に天候急變の通知、着陸に關する指令傳達等のために航空機と地上局間の連絡通信が必要となり、無線電信電話用機器の製作が行はれるやうになつた。歐洲内では對空通信はすべて中波で行はれ、最初は通信を迅速に行ふために電話が使用されたが、最近は通信距離の大なる電信が多く用ひられて來た。そして飛行區域を適當に區分して飛行管區を定め必要な指令を發するやうな組織網が完備してゐる。固定通信にも中波が使用されたが、周波數の不足を補ひ且通信を迅速に行ふために、歐洲主要國には専用有線網を敷設しテレプリンタで通信を行ふ方式が次第に擴充され、獨逸の如きは専用有線網の延長が20,000 kmにも達してゐる。尙長距離航路に對しては對空通信も固定通信も短波が使用されてゐる⁽²⁾。

米國に於ては民間航空輸送事業の開始された頃は飛行場間の固定通信だけが行はれた。後に標準局に航空局の研究部が置かれ、1928年頃より航空通信、嚮導方式等に關する諸種の考案が行はれて、航空無線技術は獨自の方式を以て發達を遂げた⁽³⁾。大戰後より1930年頃迄は機上に中波受信機のみを載せ、通信は無線電話の受信のみの一方的のものであり、嚮導は中波無線標識の受信により行つた。飛行場間の通信、氣象の蒐集及び氣象放送も中波で行はれた。航空機數の増加及び對空二方的通信の開始のため周波數不足を告げ、1930年頃より1,600~6,000 kcの短波が對空通信に使用され始め⁽⁴⁾、現在は専ら短波無線電話による通信が行はれてゐる。現在同國では、運航に直接必要な固定通信及び對空通信は各航空會社自身の無線局で行ひ氣象關係の通信及び無線嚮導施設の建設運營は商務省航空局が行つてゐる。氣象の蒐集傳達のために専用ケーブルを敷設してテレプリンタを以て迅速な通信を行ひ、その延長は22,200 kmに達してゐる⁽⁵⁾。

最近の機上用送信機は電信電話兩用で短波は水晶制御式のものが多い。出力は普通15~50 Wで、重量は15~25 kgである。遠距離用の大型機には200 W程度のものもある。受信機は超ヘテロダイン方式が多く、重量は5~10 kgが普通である。

航空通信がすべて中波によつて行はれるた時代には垂下空中線が専ら使用された。この

頃獨逸及び米國に於て垂下空中線の電氣的特性に關する研究が行はれた。後に 1928 年頃に米國で棒型空中線を使用する無線標識が施設され、電界の水平分力を受けない航空機用空中線が必要となり、支柱空中線が採用されたが、1931 年に至り、對稱 T 型空中線の方が振動氷結等に對して安全であることが分り、この型のものを使用することゝなつた。⁽⁵⁾ 短波による通信が行はれるに至つて更に、T 型、逆 L 型等の各種固定空中線が用ひられる様になつた。1938 年 G. L. Haller 氏は固定空中線の定數に就いて⁽⁶⁾、又 E. Harmening, W. Pfister 兩氏は模型實驗による固定空中線の指向性に就いて⁽⁷⁾發表してゐる。

機上用無線機の電源は在來風車發電機が多く使用されたが、最近では主發動機直結の直流發電機で蓄電池を充電しながら使用し、高壓はこの蓄電池で回轉變成器を働かせるものが多く使用されてゐる。大型飛行艇等で出力大なる送信機を有するものでは補助發動機驅動の發電機を備へたものもある。

航空機上の送受信には電氣的、機械的並に音響的の妨害が甚しい。これらの妨害の對策に關しては早くより米國に於て研究が行はれ、發動機着火装置並に直流發電機の遮蔽⁽⁸⁾、機體の Bonding⁽⁹⁾、無線機器の堅牢安定化⁽⁹⁾、及び緩衝装置⁽⁹⁾、防音受話器⁽¹⁰⁾、噪音に感ぜざる送話器⁽¹⁰⁾の使用等によつて 1930 年頃迄に大體の解決を見た。1936 年 H. W. Morgen 氏は沈積空電を防止するには遮蔽棒型空中線が有效であることを發表したが⁽¹¹⁾ 1939 年 H. M. Hucke 氏により機尾から針金を流しその尖端より緩漫な放電を行はせる方法が更に有効である事が發表された⁽¹²⁾。

B. 航空機嚮導 航空機の無線嚮導方式は指向性送信を行ふものと指向性受信を行ふものとに大別される。前者は回轉又は固定無線標識によるものであつて後者は地上又は機上方向探知機によるものである。

前世界大戰中獨逸に於て Telefunken Compass⁽¹³⁾と稱するものが考案され、1925 年には英國に於て Marconi 回轉ビーム送信機と稱するものが發表された⁽¹⁴⁾。これらは何れも回轉無線標識の初期のものであるが實用に至らなかつた。英帝國空軍では早くより回轉無線標識の研究を行つてゐたが、1928 年に R. A. F. 回轉棒型空中線標識の實驗結果を發表した⁽¹⁵⁾。これは棒型空中線を 1 分間 1 回の均一速度で回轉し、8 字型指向特性の最小點が一定方位に一致した時に發せられる定方位信號の終止時から最小受信音の時までの時間を秒時計で測定し方位を求める様になつてゐる。この方式は航海用として實用され、佛國では航空用としても 2~3 設置されてゐるが、機上では雑音多く又測定に時間を要するため航空用としては將來性がない。

2 個の指向空中線より電波を發射し、兩電波の等強度線上に航路を設定する固定無線標

識の原理は 1907 年獨人 Scheller 氏により示され⁽¹⁶⁾、その後實驗も行はれたが、1921 年以來米國標準局に於て改良が行はれて實用されるに至つた⁽³⁾。米國の中波等感度式無線標識には、交互型(聽覺式)と多重變調型(視覺式)とがある。交互型は 2 個の指向空中線より交互に A 及び N 符號を發射し、航路上では兩符號が等強度となり、連続した長符號が聽えるやうにしたものである。従つて A-N 式とも呼ばれる。異なる低周波で變調した指向性電波を同時に發射し、受信出力のこれらの低周波電流の強度を視覺的に比較する多重變調型のものも、1926 年頃より研究され實用化された⁽¹⁷⁾。最初は送信に三角型棒型空中線とゴニオメータを使用した⁽¹⁷⁾が、1933 年頃、棒型空中線を送電線型アドコック空中線に代へる事により、所謂夜間誤差を大いに減少せしめ、有效距離を増大する事が出來た⁽¹⁸⁾。現在、米國には中波等感度式無線標識局が 160 局餘りあり、既に混信が甚しくこれ以上の發達は不可能である。又等感度式無線標識だけでは機の位置が不明であるので、主標識の中間又は特に注意を要する地點には小電力の目標々識を置くことが、1930 年頃より行はれ⁽¹⁷⁾、現在では約 70 局設置されてゐる。中波無線標識には所謂多重コース現象が山岳地帯等で現れることがあり、W. R. Haseltine 氏は 1940 年にこの現象の理論的考察を行つてゐる⁽¹⁹⁾。送電線型空中線を使用する場合、空中線定數の變化により航路の變動を來すが、F. G. Kear 氏は 1933 年に、H. Roder 氏は 1934 年⁽²¹⁾に空中線電流を安定ならしめる給電方法を發表した。

獨逸 Lorenz 會社の超短波交互型無線標識の濠洲に於ける實驗結果が 1933 年 E. Kramar 氏によつて發表され⁽²²⁾、同地では以後實用に供されてゐる。

地上の中波方向探知機による嚮導方式は早くより船舶用に使用されてゐたが、歐洲に於ては多數の國家が互に境を持してゐるので航空機嚮導にも共通の方式を採用する必要があるので、1919 年の定期航空開始後もなくこの方式がそのまま航空用として採用された。獨逸に於ては回轉棒型空中線方向探知機が使用され、佛、英、蘭等の諸國では 2 個の直交棒型空中線とゴニオメータを使用する Bellini-Tosi 式のものを使用された。以上の 2 方式は共に棒型空中線を使用するものであるから、飛行機誤差及び夜間誤差を生ずるが、1919 年 F. Adcock 氏により水平分力の pick up を相殺する様な構造の方向探知機が發明され⁽²³⁾、英佛兩國では漸次アドコック式のもの設備され棒型空中線式ものは近距離又は着陸嚮導用として用ひられてゐる。獨逸では 1933 年頃 Telefunken 會社で考案されたインパルス式方向探知機⁽²⁴⁾が主要地點に設備されたが、最近アドコック式のもの使用され出した。歐洲に於ては航空無線局が殆ど方向探知を行ふ無線羅針局を兼ね、無線羅針のみを行ふ局を加算すればその數 170 に達する⁽²⁾。これ等の局が互に緊密な連絡を

保ち、航空機からの要求に応じて3局協同して位置を決定通報する組織網が完備してゐる。測定依頼より通報を受ける迄の時間は2~3分、又測定誤差は晝間では 1° 以内と稱されてゐる。然し歐洲に於ては機数の増加に對し、この嚮導方式もこれ以上の發展は期待し得ないであらう。近年英國で大西洋横斷航空路用として短波アドロック空中線方向探知機を施設し好成績を得てゐると報じてゐる⁽²⁵⁾。

地上に特殊の無線嚮導施設を有しない場合や、他の嚮導方式の補助的方法として機上方向探知機が使用される。機上では場所の關係上、中波杵型空中線方向探知機のみが實用されてゐる。Telefunken 會社では早くよりこの種の装置を製作し、1930年頃に飛行船及び大型飛行機に使用された⁽²⁶⁾。機上方向探知機は割合に誤差多く、測定に熟練を要する。又最小音の點を求めて測定する方法は雑音の多い機上では不適當である。最近は杵型空中線と垂直空中線を組合せたもので、地上局に向つて歸還飛行をなすに適するやうに製作された歸還装置と稱するものが多く使用されるに至つた。Telefunken 型⁽²⁷⁾及び Kruesi 型⁽²⁸⁾はその代表的なものである。Telefunken 型は杵型空中線電壓の極性を機械的に交互に反對にして垂直空中線電壓と合成し、杵型空中線電壓最小の點に於て受信出力電壓の變化が最小となる事を利用したものであり、1935年頃より實用された。本方式では空中線の切換と同期的に出力電流計の極性の切換を行へば、視覺式として使用され、又切換を A-N 符號によつて行へば聽覺式として使用される。Kruesi 型も Telefunken 型と同時期から行はれた方式であつて、杵型空中線電壓を平衡變調器に加へ低周波局部發振器で變調し切換を電氣的に行ひ、杵型空中線電壓が最小となる前後に於て出力低周波電流の位相が 180° 變化する事を利用したものである。自動的に方向を指示するものには、H. Busignies 氏が1927年に發表した方式⁽²⁹⁾及び米國 Lear Radio 會社で製作されてゐるもの⁽³⁰⁾等があり一部に使用されてゐるが、これらは更に確度の低いものである。

C. 着陸嚮導 雲、濃霧等のため視界が狭い時に無線により着陸嚮導をなす事が必要である。米、佛、獨の諸國で1930年頃までに、低周波電流を通じた表示電燈を飛行場に敷設する方法が考案された⁽³¹⁾が實用にならなかつた。米國標準局では超短波ビームを受信して受信出力一定なる如く下降すれば着陸出来るやうにし、これに着陸航路を示す中波無線標識及び目標標識を組合せた盲目着陸方式の實驗を行ひ、1930年に發表した⁽³²⁾。獨逸 Lorenz 會社では先に濠洲に設置した超短波無線標識方式を改良し着陸航路と下降路ビームとを同一空中線で與へ、これに超短波目標標識を組合せた實用装置を製作し1933年に發表した⁽³³⁾。この方式は世界各地に設置され實驗的に使用されてゐる。最近同社では下降路を直線にするため、下降路ビーム用の送信機を別に設置したものを製作してゐる⁽³⁴⁾。

米國では電磁ホーンを使用し極超短波の下降路ビームを作るものが研究され⁽³⁵⁾、1939年に標準方式として C.A.A. System と稱するものが制定され Indianapolis 飛行場に設けられてゐる。和、白兩國には中波盲目着陸装置が設けられてゐるが混信が甚いとの事である⁽²⁾。歐洲では着陸指令を與へる程度の簡単な貫通法⁽³⁶⁾、及び1932年に始められた ZZ 法⁽³⁷⁾等が行はれて大いに實用されてゐる。何れも地上方向探知機と協力し適當な點まで機を導き着陸指令を與へるものである。

D. その他の應用 氣壓の變化を利用する通常の高度計は氣象により指示が左右され、確度が小さいので、電氣的方法による高度計が早くより研究された。1925年には獨逸に於て2電極間の電氣容量の變化を利用するもの⁽³⁸⁾、1929年には E. F. W. Alexanderson 氏により航空機より發した電波で地表面との間に生ずる定在波の數を數へる方法⁽³⁹⁾、1926年には H. Cooch 氏により地上に敷設された電線からの磁界強度によるもの⁽⁴⁰⁾等が發表されたが、實用にならなかつた。W. L. Everitt 氏は搬送周波數を一定割合で變化せしめ直接波と反射波との周波數差により對地高度を測定する方法⁽⁴¹⁾を考案したが實用化に至らず、最近超短波極超短波技術が進歩したため漸く實用品が製作されるに至つた。米國 Bell 會社では1939年に Terrain Clearance Indicator と云ふ名前で製作し發表した⁽⁴²⁾。

航空保安上高層氣象の觀測が必要であるが、觀測氣球に人が乗る代りに無線装置をのせて、觀測結果を自動的に電波により通報する事が出来る。かかる装置をラジオゾンデと稱する。米國及び獨逸では夫々1931年及び1932年に既に發表が行はれ⁽⁴³⁾⁽⁴⁴⁾、最近は1939年に Olland 式の改良型と稱するものが發表された⁽⁴⁵⁾。我が國でも既にラジオゾンデを使用して觀測を行つてゐる。

尙氣象通報は無線電信又は電話で行はれてゐるが、長距離飛行の場合には相當廣範圍の氣象を必要とするので、氣象圖を電送することが望ましい。米國では早くより研究が行はれた。和蘭 K.L.M. 會社の東印度航路の航空機には電信符號の組合せにより地圖上に簡単な線を記入する方式が行はれてゐる⁽²⁵⁾。

(2) 我が國の狀況 我が國の航空輸送事業は歐米に比して非常に發達が遅れた。これがため航空無線技術も近年までは微々たるものであつた。

A. 航空通信 昭和4年東京・大阪・福岡間に定期航空が開設され、東京、箱根、龜山、大阪、嚴原、富江の中波局が航空固定通信業務を開始したのを以て航空通信の嚆矢とする。當時は對空通信は未だ行はれなかつた。その後、定期航空が福岡より蔚山、京城、平壤、大連まで延長された。昭和7年の滿洲事變後、日滿間定期便も開始され、茲に航空通信施

設の擴充の必要が認められ、昭和10年逓信省により行はれた對空相互通信試験の結果⁽⁴⁶⁾を資料として短波による航空無線局が増設されることゝなつた。更に今次事變を契機として航空輸送事業も飛躍的發展を見、滿洲、支那を含め我が國人の手により行はれてゐる航空路は50,000kmを突破した。現在、固定及び對空通信は共に中波短波を混用してゐる過渡状態にあるが、將來は固定通信は有線を主とし、對空通信には短波が用ひられる事になつてゐる。國內ローカル線用航空機には未だ舊式航空機が使用され無線装置が設備されてないが幹線航空路用のものは送受信機を備へてゐる。先年來、無線機を有しない航空機に事故が頻出したに鑑み、これらの航空機にも遠からず無線設備が行はれるものと思はれる。無線通信はすべて電信により行はれ、最近是我が國に於て無線機に優秀なものが出来たやうになり全く國産化された。最近は送信機は主發振器方式の中波、水晶制御方式の短波のもの、受信機は超ヘテロダイン方式のものが多い。

B. 航空機嚮導 電氣試験所では既に昭和7年頃より航空無線が將來重要問題となるべき事を豫想し、種々調査研究を進め昭和8年調査報告「航空無線」を公にした⁽³¹⁾。その後電氣試験所に於ては後述の如く各種無線標識に関する研究が行はれた。昭和7年及び8年に亘り平磯出張所に於て、中波回轉無線標識の新方式につき實驗を行つた⁽⁴⁷⁾。これは英國に行はれた回轉無線標識の缺點を除去した方式であつて、定方位信號終了後8字形指向性が一定角度回轉する毎に短符號を送信し、かくして180°回轉すればこれを報ずる特殊信號を送信し自動的に逆方向に回轉する。而してこれを連続して繰返すやうにしてある。かくて秒時計を要せずして短符號の數により方向を測定し得る如くし、又回轉速度の不均一及び最小音の不鮮明による誤差を除く如くした。陸上及び海上試験は好成績であつたが、航空機上では當時我が國に於ては未だ發動機の着火装置に電氣的遮蔽が行はれなかつたので有効距離が小であつた。機上では雑音多きため、最小音の測定が困難である事及び測定に時間を要する事の二つの理由により、本方式は以後専ら船舶用として發達を計る事となつた。その後回轉棒型空中線の代りに2個の直交棒型空中線とゴニオメータを使用するものにつき、燈臺局と協同して東京灣口劍埼にて試験を行ひ好成績を得た⁽⁴⁸⁾⁽⁴⁹⁾。その結果燈臺局ではこの方式の回轉無線標識を實際に船舶用として施設する事になり、今春その第一施設が青島に出來た。上記實驗と同時期に平磯出張所に於て超短波回轉無線標識の實驗が行はれた⁽⁵⁰⁾。これは8字形指向性を有する2個の直交空中線を使用しA-N式の送信を行ひながら全空中線系を一定角速度で回轉し、等感度線の一つが南及び北方向に一致する毎に變調周波數を變化せしめるもので、云はゞ回轉等感度式無線標識とも稱すべきものである。青色の變つた時から等感度線に一致するまでのA又はNの符號數から受

信點の方位が分る。本方式も測定に時間を要するため實用に至らなかつた。ついで昭和9年及び10年に亘り羽田飛行場に於て31.6 Mcの超短波によるA-N式無線標識の實驗を行つた⁽⁵¹⁾。空中線方式は奇しくもLorenz會社が滿洲に設置した超波無線標識と全く同一であつた。尙通信距離を大にするため導波空中線を設け又空中線系を地上約13m迄上げた。飛行試験の結果、近距離嚮導用として好成績であつたが當時我が國に於てはかかるものゝ必要性が認識されなかつたので、實用化されなかつたが、今日から考へると誠に惜むべき事であつた。昭和11年度より内地・臺灣間定期航空が開始される事となり、無線嚮導施設の整備が當面の重要問題化した。諸外國に行はれてゐる方法を比較考察し等感度式無線標識が採用されることになつた。これがため龜山航空無線電信局に於て送電線型空中線を使用する方式につき、實用装置の設計資料を得るための調査が行はれた⁽⁵²⁾。この結果に基づき那覇及び鹿兒島に聴覺型無線標識が昭和12年に完成された。更に内外地に亘り多數の無線標識局を建設することゝなり、一部のものは既に竣工を見た。

併しながら在來諸外國に於て採用されてゐる航空機嚮導方式は何れも我が國には不適當と認められる點が多いので、電氣試験所に於ては昭和10年頃より独自の嚮導方式の研究を開始した。この結果、數種の考案の中最も實現可能な相差式無線標識⁽⁵³⁾を取上げた。本方式は同一低周波で變調された2個の電波を發射し、その中一方の電波は變調周波數の位相が各方向に對し同一であり、他の電波は變調周波數の位相が方向により異なる如くし、受信して得られる同一周波數の2個の交流の相差を検出して方向を求める如くしたものであつて、送信局より何れの方向にある航空機に於ても利用出来る全方向のものである。かかる電波を發射するには2個の直交アドコック空中線とゴニオメータを使用して8字形指向性を空間に一定角速度で回轉して位相の變化する方の電波を作り、又上記電波を眞北の方向にて受信して得られる様な變化をなす電波を變調によつて作り無指向性の中央空中線より送信する。昭和10~11年に亘り平磯出張所で豫備實驗を行つた⁽⁵⁴⁾。最初は周波數3 Mc前後の2周波數を使用した。後に至り搬送周波數 f_0 を指向性の回轉周波數 f_3 より高い別個の周波數 f_1 及び f_2 で變調することにより、同一搬送波で2種の電波を發射する如く改良した。而して受信機出力より帶域濾波器で f_1 及び f_2 を分離しこれらを夫々整流増幅して周波數 $2f_3$ の2個の交流を得、新に考案せるインパルス式相差計⁽⁵⁵⁾で相差を直讀する受信装置を試作した。この相差計は2個の交流電壓の一定位相點でインパルス電壓を發生せしめ、2個のインパルス間の時間だけサイクロンの陽極電流を流し、その電流の平均値より相差を求めるものである。陸上及び海上で受信試験を行つた結果所期の成績を得たので、更に本方式を實用装置として採用することの可否につき本工務

局と協同で既設の米子無線電信局の等感度式無線標識送信装置を利用して大規模の實地試験を行つた。昭和 13 年の第一次試験には冬季のため飛行試験を行はず、送信装置の調整及び海上での受信試験を行つたが、その結果豫期の好成績を擧げる事が出来た⁽⁵⁶⁾。この調査からは 8 字形指向性を回轉させるのに新に考案した低周波ゴニオメータによる電氣ゴニオメータ方式⁽⁵⁷⁾を採用してゐる。次に昭和 14 年夏、飛行機上での受信試験を主眼として第二次試験を行つた⁽⁵⁸⁾。送信装置各部の再調整を行ひ、特に空中線電流を安定ならしむる如く給電装置を調整し航路の變動を防止した。米子中心の周回飛行による無線方位標識としての試験には、山岳地帯に於て多重コース現象のため瞬間的に 10° 程度の誤差が生ずるが、測定に注意すれば $\pm 2^\circ$ の確度があり、又海上は指示安定で $\pm 1^\circ$ の確度のあることが判つた。尙無線航路標識としても試験を行ひ、僅少の誤差を以て京城上空に達するを得た。かくの如く實地試験の結果が好成績であつたので實用される事になり、既に 2~3 の場所に工事が進められてゐる。

昭和 15 年研究報告第 442 號を以て電氣試験所に於ける航無機無線嚮導方式研究の経過並に成果を公けにした⁽⁵⁸⁾。

中波地上方向探知機による船舶の嚮導は我が國に於ても早くより行はれてゐるが、航空機に對しては未だ行はれてゐない。最近長距離航空路の開設を見たため、短波地上方向探知施設が行はれる事となり、目下實地試験の準備を進めてゐる。國際航空路に對しては更に中波方向探知機も設備される豫定である。平磯出張所に於ては早くより電波観測用として短波方向探知機の研究が行はれ、元電氣試験所技手塚田太郎氏は昭和 7 年短波用ゴニオメータを發表し⁽⁵⁹⁾、更に昭和 13 年にはブラウン管式の直讀方向探知機を完成してゐる⁽⁶⁰⁾。

數年前より 2~3 の會社に於て機上用方向探知機の製作が行はれてゐたが、漸く實用製品を得るに至り昨年頃より逓信省の指導の下に一部の航空機に取付け試験的に使用されてゐる⁽⁶¹⁾。我が國に於ては機上用方向探知機を、補助的嚮導設備として大型機に搭載させる事になつてゐる。

C. 着陸嚮導 我が國に於ては、定期航空に使用されてゐる航空機の種類は區々であり、飛行場は比較的狭く、又風向も一定してゐないので Lorenz 式盲目着陸装置をそのまま適用することは困難であるのでこれは使用されてゐない。又地上方向探知機による嚮導方式も行はれてゐないので、貫通法及び ZZ 法も行はれてゐない。併しこれがため折角目的の飛行場に到達しても着陸不能で引返さねばならぬ様な事が時々生ずるので、何等かの着陸嚮導施設を早急に設置することが要望されてゐる。

D. その他の應用 昭和 11 年に東北帝大の松尾貞郭氏は反射法による對地高度計を試作し實驗を行つた⁽⁶²⁾。これは米國 Bell 會社の製品と同一原理のものであるが、實用化迄達しなかつた。最近東京帝大、大阪帝大等で研究が進められてゐるが詳細の點は發表出来ない。ラジオゾンデの研究も行はれてゐる。而して一部では既に實用されてゐる。逓信省に於ては航空機及び船舶へ氣象圖を電送する装置を 2~3 試作し、昭和 15 年には先づ地上に於ける受信試験が行はれた⁽⁶³⁾。

3. 現 況

電氣試験所に於て現在研究を行ひつゝある事項を列擧すれば次の如くである。

(1) **相差式無線標識** 主要定期航空路に相差式無線標識局が 2~3 設備されつゝあるので、受信装置の實用化が緊急の問題となつた。前に實地試験に使用したインパルス型相差指示器を機上用として適する如く改造を施したものを新しく試作し、更に平衡變調器を使用する力率計によるものを研究試作中である。而して今年中に實用出来る装置を完成する豫定である。尙中波無線標識は多重コース現象、混信問題等のため將來は早晚超短波帯に移すべきものであると考へ、超短波相差式無線標識の研究を開始した。受信装置は受信機のみを取かへれば在來の中波に使用せるものがそのまま使用出来るが、送信には在來の方式がそのまま踏襲出来ぬので他の 1~2 の方式につき實驗装置の製作を進めてゐる。

尙各種の目的に適應する超短波目標々識用空中線に關し研究を進め、既にこれが實驗に使用する送信機受信機も試作し、近く野外實驗を行ふ運びに至つてゐる。

(2) **方向探知機** 新方式の方向探知機の研究に不斷の努力を續けると共に、本省工務局及び航空局と協力し國産の機上用中波方向探知機の實用化を計り更に短波アドコック空中線方向探知機による嚮導の實地試験を近く開始することになつてゐる。

(3) **盲目着陸装置** 相差式無線標識により航空機嚮導の問題が大體解決を見た今日、盲目着陸装置は次に解決を要すべき重要問題である。これに關し數年來、考案を練りつゝあるが、未だ充分なものを得るに至つてゐない。

(4) **回轉無線標識** 當所に於て實驗を行ひ、船舶用嚮導方式として實施されることになつた回轉無線標識については、燈臺局に協力しその發達に努力しつゝある。

4. 結 言

以上に述べた如く、航空に關する無線の應用は實に多岐にわたり、更に無線技術の進歩と共に益々廣範にわたりつゝある。近年開拓されつゝある極超短波技術などは特に航空方面に重要視されるべきものと思はれる。

我が國に於ては航空輸送事業そのものが歐米より約 10 年程遅れてゐたため、航空無線技術の進歩も遺憾ながら相當の隔りが存してゐた。しかし今や航空事業の一大飛躍が行はれると共に航空無線技術も劃期的の發展を遂げんとしてゐる。而して我が國航空無線界の不振の間にあつて、我が電氣試験所が斯界に貢献した點は少くなかつたと思ふ。而も我々は今後益々この方面の研究に努力せんとしてゐるのである。(昭初 16 年 7 月)

文 献

- (1) M.F. Eddy: Aircraft Radio. (1931)
- (2) 網島 毅: 通學誌 190, 1 (昭 8)
- (3) J.H. Dellinger & H. Pratt: I.R.E. 16, 7, 890 (1928)
- (4) H.J. Walls: I.R.E. 17, 12, 2141 (1929)
- (5) H. Diamond & G.L. Davies: B.S.J.R. 6, May (1931); R.P. 313
- (6) G.L. Haller: I.R.E. 26, 4, 415 (1938)
- (7) E. Harmening u. W. Pfister: H.F.T.E.A. 53, 2, 41 (1939)
- (8) H. Diamond & F.G. Gardner: B.S.J.R. 4, March. (1930); R.P. 158
- (9) M.P. Hanson: I.R.E. 16, 7, 921 (1928)
- (10) J. St. Richardson: I.R.E. 18, 12, 2143 (1930)
- (11) H.W. Morgan: I.R.E. 24, 7, 959 (1936)
- (12) H.M. Hucke: I.R.E. 27, 5, 301 (1939)
- (13) A. Leib u. Nitzsche: Funkpeilung (1926)
- (14) Electrician 95, Sept, (1925)
- (15) T.H. Gill & E.S. Hecht: J.L.E.E. 66, 241 (1928)
- (16) D.R.P. 201426
- (17) J.H. Dellinger, H. Diamond & F.W. Dunmore: I.R.E. 18, 5, 796 (1930)
- (18) H. Diamond: I.R.E. 21, 6, 808 (1933)
- (19) W.R. Haseltine: Phys. Rev. 57, 8, 717 (1940)
- (20) F.G. Kear: B.S.J.R. 11, July 123 (1933); R.P. 581
- (21) H. Roder: I.R.E. 22, 3, 374 (1934)
- (22) E. Kramar: I.R.E. 21, 11, 1519 (1933)
- (23) F. Adcock: British Patent 130490 (1919)
- (24) H. Plendl: H.F.T.E.A. 50, 2, 37 (1937)
- (25) A.D. Hodgson: J.L.E.E. 15, 45, 170 (1940)
- (26) H. Fassbender u. F. Eisner.: E.T.Z. 51, 157 und 201 (1930)
- (27) 電氣工學年報 170 (昭 11)
- (28) D.H. Surgeoner: Aircraft Radio. 86 (1938)
- (29) H. Busignies: Onde Elec. 6, 277 (1927)
- (30) Aero Digest 35, 3, 69 (1939)
- (31) 岡田 實: 電試調 90, 102 (昭 8)
- (32) H. Diamond & F.W. Dunmore: B.S.J.R. 5, Oct. (1930); R.P. 238; I.R.E. 19, 4, 585 (1931)

- (33) E. Kramar: I.R.E. 21, 11, 1519 (1933)
- (34) 松行利忠: ラヂオの日本 32, 1, 40 (昭 16)
- (35) electronics Nov. 13 (1939)
- (36) 岡田 實: 電試彙 2, 6, 372 (昭 13)
- (37) H. Porties: O.E. 15, 33 (1936)
- (38) H. Löwy: Phys. Zeit. 26, 646 (1925)
- (39) E.F.W. Alexanderson: Radio Eng. 9, 34 (1929)
- (40) H. Cooch: J. Roy. Aero. Soc. 30, 365 (1926)
- (41) Solving the Problem of Fog Flying. 27 (1929)
- (42) L. Espenschied: B.S.T.J. 18, 1, 222 (1939)
- (43) W.R. Blair & H.M. Lewis: I.R.E. 19, 9, 1531 (1931)
- (44) Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 76, 104 (1932)
- (45) L.A. Curtiss, A.V. Astin, L.L. Stockmann & B.W. Brown: J.R.B.S. 22, 1 (1939)
- (46) 稻波季雄: ラヂオの日本 22, 4, 344 (昭 11)
- (47) 岡田 實: 信話誌 134, 398 (昭 9)
- (48) 松行利忠, 岡田 實: 電學誌 589, 755 (昭 12)
- (49) 岡田 實, 上野茂敏: 電試研 445 (昭 15)
- (50) 木村六郎: 信話誌 134, 397 (昭 9)
- (51) 岡田 實, 木村六郎: 信話誌 153, 151 (昭 10)
- (52) 網島 毅, 岡田 實: 信話誌 153, 163 (昭 10)
- (53) 岡田 實: 特許 111373
- (54) 岡田 實: 通學誌 166, 78 (昭 12)
- (55) 岡田 實, 小松清一: 特許 121866; 電學誌 574, 454 (昭 11)
- (56) 網島 毅, 岡田 實, 米澤 滋: 通學誌 199, 556 (昭 14)
- (57) 岡田 實: 特許 116490
- (58) 岡田 實: 電試研 442 (昭 15)
- (59) 塚田太郎: 電學誌 525, 第 2 回工學會大會電氣部會講演豫稿 99 (昭 7)
- (60) T. Tsukada: Rep. Radio Res. Japan 8, 3, 125 (1938)
- (61) 岡田 實, 上野茂敏: 電試彙 4, 9, 22 (昭 15)
- (62) 松尾貞郭: 電學誌 571, 89 (昭 11)
- (63) 米澤 滋, 内海數雄: 第 17 回聯合大會豫稿 211 (昭 15)

第 7 節 無線周波測定及び測定器

無線通信の初期即ち明治の末年より現在に至るまでの間に於て、無線技術者にとつて最も關係の深かつた無線測定としては、先づ第一に電波の周波數測定を擧げなければならぬ。その當初の目的は一應周波數の測れる計器を完成することにあつたが、無線通信の實用化が進められ且第一次世界大戰が終了し列國が大電力無線通信を競ふやうになつてからは、確實な通信を行ひ混信の防遏を計る爲、漸次電波の周波數の標準化に對する研究が進

められ、無線周波数の標準の設定、維持、実用電波の標準化等に對して努力が拂はれて来た。電気試験所に於て電波の周波数測定器として初めて電波計の設計製作を行はんとしたのは、TYK 式無線電話装置が一時實用に供された大正 2 年頃であつて、その後連年試作研究を続け、周波数較正法に關する實驗を行ひ、且較正並に測定の確度が如何なる要因によつて支配されるかを調査した。周波数の較正は、LC 回路のインダクタンスと静電容量とを求めて行ふもの⁽¹⁾と、導線上の定常電波の波長の測定によつて行ふもの⁽²⁾との兩方式が試みられた。この後者は始め中波に對して採用されたが、後に短波に對しても應用され、導線の寸法の測定から波長が求められるので特に短い波長即ち高い周波数の測定に便利とされたが、確度が比較的小さいので、充分に實用されるに至らず、マルチバイブレータによる較正法が發展すると共に、漸次これを顧るものがなくなつた。然し現今の極超短波電波計の一種には、その原理を應用したものがあるのは面白い。昭和に入つてからは無線周波数の標準の設定に主力が注がれ、その爲に周波数安定な水晶發振器の研究並に水晶振動子そのものに對する調査が展開された。一方普通の電波計並に周波数測定又は較正に用ひられる自動發振器に對する基本的研究も續行された。今その主なるものを挙げると、ヘテロダイナミク發振器或は補間發振器の發振周波数安定化に對する研究⁽³⁾、次に吸収型電波計の測定精度を向上せんが爲の研究⁽⁴⁾、最近には超短波吸収型電波計の共振指示法の改良研究⁽⁵⁾、極超短波吸収型電波計の試作研究⁽⁶⁾等がある。尙常用電波の周波数の規定値よりの偏差及びその不安定度は、幅濶する無線通信を確保せんが爲に、その許容値に對して國際的規約或は申合せがなされて來てをり、現在の許容値はかなり嚴重になつてゐる。かゝる規約に従ふ爲には、先づ發射電波が規定値に正確に合致するやうに送信装置を製作することゝ、發射電波を常時監視することが必要である。かくの如き要求を満足させる爲には測定装置の完全なものがなければならぬことは明らかであつて、送信機用水晶振動子の周波数を 1×10^{-6} の測定精度を以て測定し得る無線周波数精密測定装置の設計製作⁽⁷⁾を行つた。又主として放送電波の周波数監視を目的とする無線周波数精密監視装置の試作研究⁽⁸⁾を行つた。これ等の装置は數年前に研究に着手し、その製品は現在無線周波数測定の第一線に於ける有力な武器として活用されつゝある。

無線通信に於ては、通信路の主體たる空間の電波傳播状態を知悉してゐることが必要である。これは恰も有線通信に於て、傳送線路の傳送特性を明らかにしておくことが必要なのと同様である。この電波傳播特性は先づ測定によつて求めなければならぬ。電気試験所に於てかゝる測定に着手したのは、長波時代の末期に近い大正 13 年で、平磯出張所に於ける米國 KGO 放送局の電波の電界強度を測定したのがその嚆矢である。この測定に於て

は、別に設けた棒形空中線より輻射される一定既知の電波の電界を標準として、測定用受信機を電界強度に對して較正して使用したのである。この測定用受信機の出力計としては聴度計を使用したので確度が充分でなかつた。

電界強度の測定を積極的に進める必要から、KGO 局の電波測定の直後、既知標準電壓で測定用受信機の較正を行ふ方針を採用して、完全な測定装置の試作⁽⁹⁾を計畫し、それが大正 15 年に完成すると共に、海外長波大電力局の電界強度の測定を開始した。同時にこの測定装置の確度を調査する爲に、長波空中線の輻射高及びその他定数の測定を行つた。爾來通信電波が長波より短波、短波より超短波へと移行するに従つて、夫々の測定に通ずる装置が工夫され、逐年電界強度測定が續けられて來た。

電界強度の測定には、種々の要求から研究室用としてなく、移動用の操作簡便なものも要求されるのであるが、米國 WE 會社製の短波電界強度測定器に刺戟されて昭和 7 年可搬型のを設計⁽¹⁰⁾した。この實用的設計のものゝ製作は翌年終了したが、その後數年間引續いてその改良型に對する試作研究を行ひ、進歩した機能を有するものに完成させることが出來た。

超短波電界強度測定装置の研究は比較的最近になつて行はれた。その原理は KGO 放送局の電波を初めて測定した場合と本質的には同一であるが、詳細の技術的内容には格段の相違がある。實用的可搬型超短波電界強度測定器の研究は更に最近のことで、目下鋭意これが完成を圖るべく研究を進めてゐる。

電波傳播特性の研究試験に關係ある測定は、電界強度の測定の外に、到來電波の方向、入射角、偏り、フェーディングの測定、空電の觀測、電離層の層高、イオン密度の測定、大地電波反射係数の測定等甚だ夥多である。これ等の測定は何れも現在までに研究されたもので、多年苦心の結果完成されたものゝ中には、測定以外に新しい應用の途を拓いたものもある。又これ等測定には獨創的なものが多く、その中より異色あるものを拾つて見ると、先づ方位計型短波方向探知器⁽¹¹⁾を挙げねばならぬ。これは形の大きい棒形空中線を直接回轉して方向測定を行ふ要のない處に大なる特徴があるものである。又入射角の測定に對しては、3 個の空中線を使用する一方法⁽¹²⁾が案出されてをり、空電測定にはその強度の計量に特殊の積分表示方式⁽¹³⁾が工夫されてゐる。フェーディング又は急速に變化する電波の電界強度を測定する場合には、自動記録を行ふ必要があるが、それには機械的動作を採用した對數記録計⁽¹⁴⁾が考案されてをり、電波の低空反射層の觀測には特殊の短インパルス波發生器⁽¹⁵⁾が試作されてゐる。

無線通信機器の變遷發展に伴つて、その監視用測定器並にその研究試験用測定器及び測

定法が啓發されて來たことは、無線周波數測定及び電波傳播特性測定に於けると同様である。無線通信機器測定の基本は、電流電壓等の基本測定であつて、無線通信機器各部の高周波電流電壓を測定することにより、各部の動作を知ると共に全装置の綜合動作を推量することが出来る。電氣試験所に於ける無線送受信機の研究試験の最初は、總てかくの如き部分的測定から出發したことは當然の道程であつた。凡そ大正末期までは、かゝる測定に高周波電流計としては主として熱線電流計を、又受信機等の出力計としては聴度計を使用した。これ等測定器が不完全であつたことは勿論で、殊に入力インピーダンスの高い電壓計は皆無であつたが、大正末年に真空管の整流作用を利用した真空管電壓計⁽¹⁶⁾の實際化が企圖された。これは高電壓用電壓計であつて、その後種々の目的に用ひる實效値測定用或は波高値測定用真空管電壓計の試作が行はれた。かくの如き電壓計は主として短波以下の低い周波數に用ひられるものであるが、最近では超短波にも使用し得る波高電壓計が實用化しつつあり、これに關しても新規の着想のもとに新型を設計⁽¹⁷⁾し、目下その具體化を圖りつつある。次に高周波電流計は、熱線型よりも動作優秀な熱電型が多く使用されるやうになつたが、現在の超短波大電流測定用計器には猶未解決の問題が多く、これに關しても一案⁽¹⁷⁾を得、目下研究中である。

大正 12 年放送に關する逓信省令が公布され、放送聴取者は電氣試験所の型式試験に合格したる放送受信機を使用すべしと規定されたが、これに對して實施された放送受信機の型式試験は前述の如き部分的測定を主體としたものであつた。後この省令は改訂されたが、放送受信機の測定並に試験に於て、綜合的に量的測定を行ふ必要が認められ、綜合特性測定装置の設計製作⁽¹⁸⁾が行はれた。この装置は當初は單に電氣的特性を求めものに過ぎなかつたが、昭和 7 年に放送受信機に使用されてゐる高聲器の音響特性をも含んだ電氣音響全特性を測定し得るものに改められた。現在のものは更にかゝる特性を半自動的に求め又歪率の測定をも行ひ得るやうに改められてゐる⁽¹⁹⁾。

放送受信機に使用される上記の如き綜合特性測定装置は、部分的測定にも應用し得る甚だ有用なものであつて、昭和 7 年實際上の要求から一般受信機の研究試験に使用する目的で他の新しい装置の設計試作が行はれた。これは要するに嚴重な遮蔽を施された試験用無線周波信號發生器であつて、昭和 10 年更に完全な設計を行ひ、その試作研究に着手し、爾後これを續行しつつあり、現在は工業測定用として完全な機能を有する全波（長波乃至短波）信號發生器の具體化と、近く普遍化さるべき實用超短波信號發生器の設計の基準となる超短波信號電壓標準の設定とに努力を拂ひつつある。この全波信號發生器は安定化された交流電源で動作し、信號出力及びその他總て直讀とし、受信機のあらゆる測定は勿

論、その他の無線用機器並に部分品の測定にも極めて容易に應用し得る如く設計されたものである。

送信機に關係のある測定としては、變調計⁽²⁰⁾を擧げることが出来る。これは主として昭和の始め 2~3 の考案の試作研究が相次いでなされ、送信機製作者の技術を啓發するところがあつた。各種の測定器類を監視装置として含んでゐる現在の完備した送信機を除けば、一般送信機の測定及び試験には、出力、變調率、低周波綜合特性、歪率、雜音等を測定し得る測定装置が必要であつて、かゝる諸測定を簡便に行ひ得る測定器の設計を 2~3 年前に計畫し、現在その製作を略終了してゐるので、總てこれが實際應用を試みる豫定である。

無線通信機器の心臓とも稱すべき真空管に關しては、小形管の特性並に定數測定装置が大正 14 年に製作され、これに引續いて大形管の特性並に動作測定装置が設置され、一般真空管の測定試験が自由に行はれるやうになつた。昭和に入つて四極管及びその他の新型管が出現するに及んで、その有する諸量例へば電極間靜電容量、高周波雜音等の測定が初めて試みられるに至つた。真空管陰極の放射電流は、普通正確な測定が困難であるが、昭和 6 年波高電壓計の一種を考案し、これを使用して供試品を毀損する虞れなく且正確に放射電流の測定を行ひ得る方法⁽²¹⁾を見出した。この方法は現在でも電氣試験所に於ける大形管の試験に採用されてゐる。

無線通信機器に於ける他の重要な測定は、無線周波回路のインピーダンス又は損失抵抗の測定である。無線周波回路の設計製作を合理的に行ふ爲には、例へば實際の同調回路の並列共振抵抗等の正確な資料を有することが必要である。かゝる量の測定に對する研究は凡そ大正の中頃より始められて今日に至つてゐる。その間ダイナトロン發振器を使用する同調回路の並列共振抵抗直接測定法⁽²²⁾並に測定器の創案が行はれ、且この方法の一應用として絶縁物の短波誘電體損の測定が試みられた。又短波同心管給電線の能率測定に就いても 1~2 の提案が行はれた。尙最近超短波に於ける同調回路及びその他の測定を自由に且正確に行ふ必要が増大して來た。かくの如き高周波に於けるインピーダンスの測定は電壓電流測定の研究とも多大の關係を有してゐるので、目下これ等の研究を互に關聯させて進めるべく計畫中である。

無線測定技術の發達の歴史は漸く 30 年に過ぎないが、その過程を顧ると、無線通信技術の進歩と表裏一體をなしてゐることが解る。無線通信技術を進展させる爲には、無線測定技術がその重要な足場となるものであることを認識すると共に、これが開發を圖ることは目下の急務であると感ずる次第である。

文 献

- (1) A. Tsubouchi: 電試研 115 (大 11)
- (2) E. Takagishi, K. Hatakeyama & S. Kawasoe: 電試研 177 (大 15)
- (3) 石川正一: 特許 91057, 91059
- (4) 原口徹一: 特許 123751
- (5) 宮村幸男: 電通誌 176, 1001 (昭 12)
- (6) 根岸 博, 福田義雄: 通學會第 4 回秋季大會 252 (昭 13)
- (7) 三村秀雄: 電試彙 1, 6, 50 (昭 12)
- (8) 松村定雄, 神崎静夫: 電試彙 2, 2, 20 (昭 13)
- (9) T. Nakai: 電試研 217 (昭 2)
- (10) H. Inuma & E. Iso: Rep. Radio Res. Japan 5, 1, 35 (1935)
- (11) 塚田太郎: 特許 99534
- (12) 難波捷吾, 前田憲一, 横山 浩: 信話誌 153, 199 (昭 10)
- (13) 前田憲一, 横山 浩, 森田孝一: 電學誌 57, 589, 749 (昭 12)
- (14) 根岸 博: 電試彙 1, 11, 7 (昭 12)
- (15) 河野哲夫, 大森英二: 電試彙 3, 5, 30 (昭 14)
- (16) 高岸榮次郎: 特許 72482
- (17) 木村六郎: 電試彙 4, 3, 32 (昭 15)
- (18) 和田英男: 信話誌 72, 369 (昭 4)
- (19) 吉川政二郎: 電試彙 1, 8, 26 (昭 12)
- (20) 高岸榮次郎, 上野茂敏: 電試研 259 (昭 4)
- (21) 磯 英治, 幾島 英: 信話誌 105, 1549 (昭 6)
- (22) 飯沼 元: 電學誌 49, 493, 916 (昭 4)

第 4 章 電力輸送及び電力機器 等に関する事項

第 1 節 送 電 線

1. 架空送電線の断線

送電線路に関する機械的問題の研究としては次の 2 事項が挙げられる。

架空送電線の断線⁽¹⁾に關し全く機械的方面のみを考察し、断線によつて生ずる導線の到達すべき永久状態に於ける懸垂碍子吊線の振れ、その他張力関係を見出す基本算式が示された。この算式は架渉導線のなす曲線を表はす公知の Parabolic equation から出發し、第二階一次差方程式の解法によつて求められたもので、引留鐵塔が断線個所より非常に遠隔の地點にある場合は、その解式は甚だ簡單となることを示してゐる。

東京電燈會社 154 kV 上越送電線に於てはこれが實地試験を行ひ、吊線の偏移、弛度頂點の地表上の高さ、同じく水平移動距離及び鐵塔腕金の偏り等を測量し、尙これ等の測定値から導線の最大弛度、不平均張力、碍子吊線の傾斜角及び徑間の偏り等を算出した理論計算値と實測値とを比較對照してゐる。

2. 架空線の安全電流

架空線の安全電流は⁽²⁾、導線の溫度上昇による抗張力の減少から決めらるべきものであらう。常時には溫度上昇が左程重大な問題とならぬ場合でも、これに饋電する發電所の増設、或は他線路の故障時に一時的の應急策として過負荷する場合、或は短絡の場合には、これは輕視することが出來ぬ。何となれば硬銅線の燒鈍溫度は 100°C を超過すること左程大ではなく、一方導線の溫度は夏季には太陽熱を受けて既に 60°C に達してゐるから、電流による許容溫度上昇は僅かに 40°C 内外のものと思はれる。

本研究では硬銅線の種々なる溫度とその加熱時間を變化し、而も夏季の酷暑或は冬季の嚴寒の候に實驗を行ひ、導線からの熱の放散係数を求め、扯斷力を測定し、架空線として最も適正なる安全電流が求められた。

3. 架空送電線路の線路定數の實測に就いて

長距離送電線路の特性を研究する際に使用する線路定數は、從來殆ど皆理論的根據より算出せるものを使用し、實際の送電線に於て精密なる測定が行はれたことが無かつた。大地の存在の影響を受けたこれ等の値は、唯實驗によつてのみ決せらるべきものである。大

正 15 年に東京電燈會社猪苗代新線に於て座標電位差計を用ひて測定が行はれ⁽³⁾、各種の線路定数は勿論のこと、導線相互間の相互インピーダンスを利用して誘導電圧の實測も行つた。

また昭和 3 年には日本電力會社東京送電線に於てインピーダンス電橋を用ひて測定が行はれた⁽⁴⁾。尙この時には線路定数の周波数特性、及び保安通信線の線路定数並に誘導電圧をも測定された。

次に亦昭和 5 年 5 月には相互インピーダンス電橋を用ひて大同電力會社東京送電線の測定が行はれた。周波数特性、誘導電圧の實測が行はれたことも前同様である⁽⁵⁾。

この最後の経験から相互インピーダンス電橋が、これ等の中では最も優れた計器なることを知つた。

これ等の結果から靜電的線路定数は大地を完全導體と考へ、鐵塔碍子等の影響を無視し、線條の平均高さを使用して計算すれば、計算値は實測値と大差なきことを知つた。また電磁的線路定数に關しては、線條を往復路とする定数は商用周波数に於ては、大地の存在のため實用上影響せられぬことが判つた。故に各線條の大地を歸路とするインピーダンスを實測すれば、その他の定数は全部これを基礎として算出することが出来る。送電線と保安通信線間の電磁誘導電圧測定は、零位法を使用すれば誘導電流を極めて小にして確實に測定することが出来る。それ故誘導電圧の測定試験に際しこの方法を採用すれば、この誘導電流が通信關係に悪影響を起す憂がない。

4. 三相送電線網の一線接地による地電流の算出⁽⁶⁾

複雑な三相送電網に於て一線が接地した時の地絡電流を求めるとは、故障點に於て假想的の端子を想像し、全送電網を一つの對稱三相電源と考へることは非常に便利なことである。即ち接地せる線に故障發生以前に存在せし星形電壓を E 、故障點より眺めたこの電源の零相、正相及び逆相の各インピーダンスを Z_0 、 Z_1 、 Z_2 、とすれば地絡電流 I_e は

$$I_e = \frac{3E}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

を以て求められる。

Z_0 は負荷には無關係である。 Z_1 及び Z_2 は負荷によつて若干の影響を受けるが、負荷が同期機のみの際は Z_1 及び Z_2 は略一定で、系統内に於ける出力の分擔等には殆ど關係なき定數である。

一線が接地した時、該點に於ける零相電圧は $V_0 = -\frac{1}{3} I_e Z_0$ である。即ち系統内の零相電流の分布は、零相回路の故障點に V_0 なる電壓を加へた時生ずる電流の配布と同一で

ある。零相電流は通信線に電磁誘導障害を生ずるを以て、その分布を算定するは極めて重要なのみならず、接地繼電器を精確に調整するにも極めて必要である。多くの實例計算を行つて數的研究が行はれた。

5. 發電機の同期運轉⁽⁷⁾

2 臺の發電機が各相非對稱のインピーダンスを通して、安定に同期運轉される時の同期化力並に結合角を算出する方法が導き出された。この計算方法の應用として 2 回線鐵塔に架設された兩回線の摺架の仕様が決定される。東京電燈會社上越送電線に適用の結果、安定運轉の爲には兩回線を反對方向に一回宛完全摺架すればよい事が明瞭にせられた。

6. 套管型變流器⁽⁸⁾

變流器は、線路の電流の變化がその範圍非常に廣く、事故に際しては全負荷電流の數倍から 10 數倍にも達するから、この廣範圍に亘る高壓側電流に常に低壓側に於て比例せしめ、一朝有事の際に保護繼電器をして適正なる動作をなさしめることは却々至難の業である。何となれば高電壓送電線路に使用せられる變流器は概ね經濟上の立場から特性を犠牲にして套管型が使用せられるからである。

套管型變流器の特性は、構造上から明らかな様に線路の電圧が高くなるに従ひ、又線路の電流が少くなるに従ひ益々不良となる。蓋し勵磁電流の所要量が負荷電流に比較しての割合が大となるからである。負荷インピーダンスの變化、一次線電流の大いさ、或は變流器の接續法から受ける繼電器電流の大いさ、波形、或は位相角の變移、鐵心飽和による溢流現象等の研究は、送電線路の繼電器保護設備に關し缺くべからざる重要問題である。

本研究に於ては 2 種の國產套管型變流器が實驗の對稱に採られ、上記の諸特性を明らかにし線路の保安に有要なる資料が與へられた。

7. 繼電器保護方式

並行 2 回線に於て一線の接地故障に際し、故障線路の一端に於て、同線路を遮斷せし後に生ずる零相電流の分布を求める計算式を誘導し、電流力計型繼電器の動作特性を理論的及び實驗的に求めた⁽⁹⁾。

抵抗接地式の並行送電線の開閉所に於て、變流器のみを用ひて選擇動作する 3 種の接地繼電器の特性を套管型變流器を通じて一次側から眺めたのに、繼電器は兩回線中必ずしも零相電流の大なる側を遮斷するものではなく、その相差角の値によつて時には零相電流の小なる側を遮斷し得ることを知つた。昭和 4 年 8 月には東京電燈會社猪苗代新線に於て、我が國に於て初めて電流要素のみを使用する開閉所用選擇接地繼電器の接地試験を、電氣

試験所と協同にて行ひ、結果は甚だ満足であつた。

逆相繼電保護方式を用ふれば、短絡と接地の兩故障に對し、唯1個の繼電器を以て選擇が出来、從來の如き繼電設備の煩雜と不經濟とを完全に除くことが出来やう。斯くして特許第91288號逆相繼過器が考案され⁽¹⁰⁾、高抵抗單一接地式は勿論のこと、中性點絶縁式系統に對しても適用し得られる如くされた。尙特許第93544號故障點指示装置はこれと併置し得られる特徴を有する。この方法には線路の故障電流を利用して、故障點を自動的に檢出せしめる利便がある。その後更に研究が繼續されてこれ等は改良されるに至つた⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

繼電方式研究上先づ第一に研究を要すべき問題は、系統の故障に際する電流並に電壓の分布を精密に知ることである。これ等の大いさ及び位相が明らかでない以上、折角多額の費用を投じて設備し整定せられた繼電器が、事故に際し誤動作する場合があつても、それは致し方がない。本研究には故障計算方法を示し、實例を掲げてこれ等の状況を明らかにしてゐる。

消弧リアクトル接地式並行送電線の選擇は從來不可能なことであつた。本所に於ては誤動作の原因が線路定數並に變流器の不平衡に依ることを闡明して、特許第111080號誤動作補償式選擇接地繼電器⁽¹³⁾を考案し、昭和11年9月東邦電力會社岩倉木津送電線にて實地試験を行ひ、一回の過誤もなく甚だ優秀なる結果を得た。同線路の外、日本電力會社大阪送電線、その他朝鮮及び滿洲國に於て實施されてゐる。尙分岐線ある場合の非對稱並行送電線の場合の選擇繼電方式に關しても考案が爲され⁽¹⁴⁾、更に上記の誤動作の原因たる不平衡に影響されざる方式も發明された⁽¹⁵⁾。

8. 消弧線輪系統の基本的研究

消弧リアクトルに關聯する電氣試験所に於ける研究は別宮貞俊氏に始まり、後藤以紀、前川幸一郎兩氏によつて繼承され且發展されて現在に至つてゐる。

最初に擧げられるのは、消弧線輪系統の送電線の斷線時、遮斷時又は地絡時に於ける過渡現象の算定であつて、まだ對稱座標法は利用されてゐないが過渡電壓の上昇の程度を與へた點に於て有益なる研究である⁽¹⁶⁾。

次には、對稱座標法を利用して、送電線の分布定數(抵抗分を無視して)を考慮に入れても尙、故障地點の位置に拘らず、消弧條件を満足し得ることが證明され、且磁氣飽和のある場合に於ける中性點電位の跳躍現象等に對する圖式解法も與へられ、その後には於ける研究の基礎が茲に定められた⁽¹⁷⁾。

その後には於ては、消弧線輪系統の並行2回線の場合及び1回線の場合の更に詳細なる特性の理論的並に實驗的研究へと發展した。次にその梗概を述べてみる。

9. 消弧線輪系統の直列共振⁽¹⁸⁾

本研究に於ては斷線による直列共振の計算式を理論的に誘導し、且鐵心の磁氣飽和をも併せて考慮せられた。又常時中性點の殘留電壓による鐵共振も計算せられ、故障點の位置使用タップの合調度、線路の漏洩、直列抵抗の影響、斷線とその他の故障との併發、通信線への誘導障害等、廣範圍に亘り状況を明らかにし、又水銀間隙を利用せる防止策或は選擇斷線繼電方式等が考へられた。

10. 消弧線輪を有する異系統の共架

消弧線輪を有する二つの送電系統を同一鐵塔に共架する場合、一方に地絡故障又は斷線故障が発生した場合には他方に誘導作用を及ぼして電位上昇を招來することがある。これに關しては京都電燈の京福送電線に於て、實地試験が行はれたが⁽¹⁹⁾、更に實驗室に於て擬似送電線を使用して研究を行ひ斷線時一線地絡時の電位上昇と消弧線輪の磁氣飽和及び使用タップとの關係を明らかにし、安全なる使用範圍が與へられた⁽²⁰⁾。更に東北振興電力送電線の場合に關聯して兩系統の電源が異なる周波數なる場合に就いても研究の結果その場合の安全なる使用方法を明らかにすることを得た⁽²¹⁾。

11. 消弧線輪系統の過渡現象

消弧線輪系統の一線地絡又は一線斷線又は遮斷に際して過渡現象に伴ふ電位上昇の闡明は、線路の絶縁、避雷器の定格等に關聯して重要な問題である。これに關しては既に述べたる如く、當初、別宮貞俊氏に依つて研究を開始されたのであるが、その後、對稱座標法の應用並に三相擬似送電線の使用に依りて、詳細なる研究が行はれ⁽²²⁾、更に現在に於ても續行され、超高壓送電打合會に於て屢々中間報告が行はれてゐる。

又、消弧線輪の一線地絡時に健全線の電位上昇に伴ふコロナ放電により地絡電流が如何に影響を受けるかは消弧線輪の消弧能力に關係するので重要視されてゐるが、後藤以紀氏は擬似送電線による模擬實驗を行ひ、又、コロナ放電を等價回路で表はして地絡電流の過渡現象を計算した結果⁽²³⁾、零相電壓と地絡電流との積たる零相電力のコロナ放電の爲の増加分を全コロナ損との比は、コロナ損が比較的小なる限り、大略40%位なることを推定してゐる。

12. 萬能消弧送電方式

重要な送電線は原則として並行2回線に作られる。この並行2回線を利用して對稱分第二回路を取扱ひ、並行2回線に於ける故障點より眺めた全系統の零相、正相、逆相の總ての對稱分インピーダンスを大ならしめることに成功した⁽²⁴⁾。

先づ並行2回線の構成理論を確認し、各種の電氣故障計算法を與へ、萬能消弧リアクト

ルを案出したのである。これは2回線を並行回路とせば普通の送電線路と何等の變化なく、兩回線を往復回路とせば並列共振を呈する如く爲さしめた送電方式である。この結果送電技術上に次の如き大なる貢獻を與へることが出来る。(1) 強大且廣範なる消弧作用、(2) 避雷器への續流輕減、(3) 線路遮斷器の不要、(4) 安定度の増進、(5) 電磁誘導障害の抑壓、(6) 線路作業への福音、唯本方式を実施するに際し注意を要する點は、線輪動作中線條に線間電壓の2倍に達する異常電壓の發生することがあるから、系統の絶縁を堅固にすることが肝要である。

偶々鐵道省信濃川送電線が竣工したので、昭和14年10月實地試験が行はれた⁽²⁵⁾。回轉機を用ひて過渡安定度の試験も行はれたが、線路の線間短絡及び三相短絡に際しても、それ等の故障が永續的の場合と雖も、同期機は同期を外れることなく、その儘安定なる運轉を續けた。實用上、無停電送電方式と云へやう。

13. 進相蓄電器に関する過渡現象⁽²⁶⁾

送電線又は配電線に電壓調整用又は力率改善用蓄電器の使用量が急速に増加するに伴ひ、蓄電器回路の遮斷器の投入時及び遮斷時の過渡現象も注目せらるゝに至り、後藤以紀、森川宗一兩氏は現場試験の結果を双曲數、特殊記號法及び演算子法の展開定理等を利用して解析し、複雑なる再點弧現象の機構を闡明し、これが對策に資した。

文 献

- (1) 別宮貞俊、前川幸一郎：電試研 147 (大13)
- (2) 前川幸一郎、乘富義男：電試調 52 (昭3)
- (3) 別宮貞俊、前川幸一郎、土手奎治：電試研 222 (昭3)
- (4) 別宮貞俊、土手奎治、中村良之：電試研 285 (昭5)
- (5) 六角英通、土手奎治、中村良之：電試研 310 (昭6)
- (6) 別宮貞俊、前川幸一郎：電試研 181 (大15)
- (7) 別宮貞俊：電試研 138 (大13)
- (8) 前川幸一郎、乘富義男、竹内五一：電試研 280 (昭5)
- (9) 前川幸一郎：電試研 284 (昭5)
- (10) 前川幸一郎、乘富義男：電試研 299 (昭6)
- (11) 後藤以紀：特許 123503 (昭13)
- (12) 後藤以紀：特許 108735 (昭9)
- (13) 後藤以紀、前川幸一郎、渡邊駒治：電試堂 1, 1, 11 (昭12)
- (14) 後藤以紀、前川幸一郎、渡邊駒治：特許 141284 (昭15)
- (15) 後藤以紀：特許 140752 (昭15)
- (16) 別宮貞俊：電試研 108 (大11)
- (17) 別宮貞俊：電試研 129 (大12)
- (18) 後藤以紀、前川幸一郎：電試研 359 (昭3)

- (19) 後藤以紀、荒川康夫、林堅太郎：電學誌 58, 96 (昭13)
- (20) 後藤以紀、森川宗一：三學會聯合大會豫稿 77 (昭13)
- (21) 後藤以紀、森川宗一：第4回工學大會電氣部會豫稿 No. 138 (昭15)
- (22) 後藤以紀、前川幸一郎、渡邊駒治：電學誌 55, 421 (昭10)
- (23) 後藤以紀、森川宗一：第17回三學會聯合大會豫稿 No. 129 (昭15—10)
- (24) 前川幸一郎：電試研 416 (昭13)
- (25) 前川幸一郎、村山盛次、竹越 尹、渡邊駒治、武田武男：電試研 439 (昭15)
- (26) 後藤以紀、森川宗一：三學會聯合大會豫稿 189 (昭14—11)

第2節 送配電線及び通信線の 雷害その他災障害防止

1. 雷害その他災障害防止

(1) 日本に於ける雷撃とその被害 雷撃に関する調査研究は一般自然科学界から見ても重要且興味ある問題であるが、特に電線路並に一般建造物の避雷方法に關しては必須事項であり、端的に雷撃の性狀を顯明ならしむると共にその防護方法を攻究せしむる前提となり、緊要缺くべからざるは言を俟たない。密田良太郎、高岸英夫、渡邊市朗⁽¹⁾⁽²⁾の3氏は數回に亘り日本に於ける雷撃とその被害に關する統計資料を蒐集し、雷撃並に被害の實狀に就き調査検討した。本調査は大正10年より昭和5年に至る10個年間の統計であつて、調査件數約6,500の多きに及び、概要次の如きものである。

雷は多く山間に發生し、略定まつた經路を辿つて平坦地方に進出する傾向にある。各地共7~8兩月が落雷最も多く、全件數の約70%に及ぶ。時刻は午後3時乃至6時が最も頻繁である。落雷は濕潤なる良導電性地質の場所に多い。家屋の雷撃による出火率は草葺73.5%、板屋根58.4%、金屬28%、瓦21.2%の順で、平均51.7%となる。人畜被害件數は全體の約17%、死傷數1,055に及んでゐる。人畜危害の内、家屋落雷によるもの37.8%、電線路よりの雷電壓によるもの19.4%、平坦地面で雷撃を受けたもの24.6%、樹木落雷によるもの18.1%の割合である。但し以上は雷撃により何がしかの實害を受けたもののみからの集計である。尙建築様式の變化及び避雷施設の比較的普及せるその後の實績に就いても目下六角英通、梅原茂兩氏によつて引續き調査中である。

(2) 送電線に於ける雷被害 避雷の研究に先立ち送電線に於ける雷害の程度を知る爲、全國主要送電系統に就いて昭和元年より同4年に至る4個年間の調査が六角英通氏⁽³⁾によつて行はれてゐる。調査送電線の電壓は6kVより140kVの範圍に亘り、延線路數約500、延瓦長約22,300kmに及んでゐる。本統計によれば送電線の事故は約70%迄

が雷、鳥獸接觸及び自然的損傷の3原因によるものでその発生率は略同一であり、残餘の30% 中約10% は風雨、氷雪の被害であり、他の約20% が種々なる項目により分類される事となる。然るにこれ等を送電々壓別に分ち140—70 kV 及び60—6 kV の範囲に就いて統計を求めると、後者の低電壓範囲に於けるものは略上記の割合を保持するも、高電壓範囲に於ては雷による事故件数は約40% の多きを占めて第一位となり、他はこの1/2 以下となる。更にその後昭和8年より同12年に至る5個年間に亘り100 kV 以上回路延長約2,680 km の高電壓送電線に就き同氏⁽⁴⁾の調査した結果は總事故数の56.8% が雷害である事を示してゐる。

(3) 配電線に於ける雷被害 配電線の如く廣く全國に分布して多數の機器用品を有し且人畜と密接な關係を有するものでは、雷害調査は更に重要な事項である。高岸英夫氏⁽⁵⁾は昭和2年夏期神奈川県下各地に於ける大雷雨被害を調査し、避雷装置無き配電線の雷障害の大部分は變壓器、油入遮斷器であつて、線路碍子の損傷は比較的少い事、及び配電線用の避雷器は保護能力よりも寧ろ壽命の大なる簡潔安價なものを多數使用するのが經濟的な事等の結論を得た。

その後電氣事故防止協同研究會では一般的な資料を得る爲、昭和11年より同會關係全國主要電氣事業者と協力して本調査を開始してゐる。これを資料とする六角英通、梅原茂、橋本太郎の3氏⁽⁶⁾の報告によれば、配電線の變壓器、油入開閉器の雷害は使用年數と共に増加する傾向にあり、且最上位の電線に接続されてゐるものが被害率が高く、單相變壓器にありては單獨使用の場合被害率最大、V 接続のものこれに次ぎ、Δ 接続は最小を示した。又充電中のものが停電中のそれよりも被害率は高く、變壓器の損傷箇所は高壓側が大部分で、特に高壓コイル、引出線及び高壓碍管は全數の夫々約30、28 及び18% となつてゐる。油入開閉器では碍管、引出線及び動作コイルが全體の約38、30 及び23% となつてゐる。

(4) 屋内に於ける電氣事故 近時國內の急速な發展に伴つて各種屋内電氣施設が急激に増加した。これに關聯して種々の事故を發生し、一般に電氣施設は有效且便利なるも一面多少危険なものと考えられるに至つたのは甚だ遺憾である。茲に於て大山松次郎、川崎五郎兩氏⁽⁷⁾は屋内電氣施設に就き調査を進め、大正12年より昭和7年に至る過去10個年間に東京市とその近郊に發生した各種事故の統計的分類を行ひ、事故の大部分が標準工法に據らざる素人の不完全な施工による事、金屬管工事はノツプ及びクリート引工事に比して事故が極めて少數な事、屋内線に接地を生ずるも可熔片によつて遮斷する事は殆ど不可能な場合が多い事、屋外用ブラケット、ネオン管燈工事に關しては猶研究の餘地が

ある事、又ネジの弛緩による事故が相當にある事、人造石壁内の鐵網及びガス管等が漏電の媒介をなした事故も尠くない事等を明らかにした。即ち一般に屋内配線は100 V 乃至200 V といふ低壓ではあるが工事法、取扱共に注意しなければ不測の事故を惹起する場合のある事が指摘された。

(5) 北丹後地震による電氣工作物被害調査 昭和2年3月7日北丹後を中心として起つた地震により電氣工作物の受けた被害状況に就いて内山武俊、高林正彌兩氏⁽⁸⁾は出張調査し、電氣工作物の施設上参考となるべき被害調査を發表した。

2. 電氣工作物に於ける異常電壓電流の實測研究

(1) 送電系統に於ける實測 避雷に關する研究の一重要部門たる送電系統に於ける實測は昭和5年度日本電力東京送電線に於ける實測に始まり現在猶繼續されてゐる。即ち昭和6年度以降は電氣事故防止協同研究會を主體とする第一雷害防止専門委員會に於て昭和13年度迄實測を繼續し、昭和14年度以降は發送電雷害防止専門委員會に於て引繼いでゐる。實測は笠井完、六角英通氏等^{(9)~(13)}によつて遂行されたものである。

A. 陰極線及び電磁オシログラフによる實測 (a) 進行波の傳播状況⁽⁹⁾: 昭和5年夏期當時完成を見て未送電中の日本電力東京送電線140 kV、293.56 km を利用し、該社との協力による實測を行つた。本實測によりコロナ電壓以下の衝擊波の傳播状況が著しく明確となつた。即ち並列條數を増すと減衰は増加する。架空地線の存在による減衰度の變化は地線と大地との實効抵抗の大小によつて定まり、地線の方が小さい場合には減衰は遅下する。減衰曲線は近距離の場合は指數曲線、遠距離なるに及び双曲線となる。傳播速度は1線に對し 29×10^6 km/s、6線一括に對し 2.5×10^6 km/s となる。實効インダクタンスは1線に對し1.72 mH/km、6線0.7 mH/km、又サージインピーダンスは496 Ω、173 Ωであつた。

(b) 誘導雷電壓の波形⁽¹⁰⁾: 昭和8~9兩年度140 kV 猪苗代新線に於て得られた結果では、誘導雷電壓には $[20 \times 40]$ μs、 $[35 \times 80]$ μs 及び $[100 \times 200]$ μs の3波形によつて代表されるものが多い事が明確となつた。

(c) 線路開閉による異常電壓⁽¹⁰⁾: 上記線路に於ては開閉による異常電壓の實測も並行して行はれてゐる。最悪の状態は開路に於けるもので常規電壓の約3倍の異常電壓が發生する事が確められた。

(d) 變壓器中性點の異常電壓⁽¹⁰⁾: 昭和10年度には140 kV 鳩ヶ谷變電所に於ける變壓器中性點に發生する異常電壓を實測した。その結果中性點に現れる電壓波の峻度は比較的緩やかなもので數千サイクルの減衰振動をなし、電壓上昇は抵抗接地(404 Ω)の場合

は端子側の 60~70%, 非接地の場合は 120~170% に達する事等を確認, 中性点の絶縁は線間電圧を基準にすべき事を結論した。

(e) 避雷器の動作状態⁽¹⁰⁾: 従来避雷器の動作実績には審でない点が多いので昭和 11 年度 100 kV 東小山変電所に於て避雷器放電々流の實測を行つた。この結果アルミニウム避雷器の充電時には波高値 200~400 A の減衰振動 10 数万サイクルのものが 20~50 μ s の間隔で発生する事等が観測された。

(f) 消弧リアクトルの動作と異常電圧⁽¹⁰⁾: 東京電燈會社谷村系統に消弧リアクトルを設置して以來, 受電端目白變電所内に數回の閃絡事故が惹起した。よつて昭和 9 年秋に該所に於て實測した結果, 開閉操作, 又は地絡により避雷器直列間隙のみが放電せし場合等には局部振動の爲約 300 kV にも達する異常電圧の生ずる事實を確めた。

B. 衝撃電圧記録器による實測^{(4)(10)~(13)} 衝撃電圧記録器による實測は昭和 5 年度以降毎夏期繼續して現在に至つてゐる。即ち 140, 100, 60 kV 送電線に於けるものを始め, 20 kV 電線母線に於ける實測, 遠方制御線, 保安通信線に及び, 更に 60 kV 線に於ては連續約 2 個年半に亘る長期實測も行はれてゐる。尙特殊實測としては送電線鐵塔に於ける雷撃鐵塔電流の波形觀測, 避雷器放電々流の實測等もなされた。この内主要な 100 kV 以上の送電線に於けるものゝみでも昭和 15 年度に至る 11 個年間に延計約 300 個に近い記録器を使用して居り, 得たる總記録數も約 1,000 個を超へてゐる。今代表的な猪苗代新幹線 140 kV の例を取ると, 15 年度迄の 10 個年間の記録數 525 個, 内約 800 kV 以上のものは約 5% であつて, これを實測開閉所又は變電所當りに取れば 1 個所 1 個年當り平均約 0.6 回の記録數に當る事となる。

C. 磁鋼片による實測⁽⁴⁾⁽¹⁰⁾ (a) 雷撃電流の大きさと埋設地線の實績: 磁鋼片による送電線雷撃電流の實測は昭和 10 年度以降毎夏繼續して居り, 昭和 15 年度迄に於ける實測線路は 140, 100 及び 60 kV 合計延 34 線路, 磁鋼片準備數は延 8,435 個に及び, 記録磁鋼片 1,847 個(準備數の 21.9%), 雷撃點記録約 70 個を得てゐる。雷撃電流の最高記録は 120~140 kA の範圍である。本實測と關聯して埋設地線の實績が検討されてゐるが, 今迄の處では保護能率は約 90% の好成績を擧げてゐる。

(b) 避雷器の放電々流⁽¹⁰⁾: 磁鋼片による避雷器の放電々流の實測は昭和 12 年度以降繼續してゐる。實測避雷器は主としてオキサイド及びアルミニウム避雷器で, 使用電圧は 140, 100 及び 60 kV である。昭和 15 年度迄に 72 回 90 記録の實測値が得られて居り, 最高記録は 140 kV オキサイド避雷器に於ける負性 1,200 A である。

(c) 避雷針の雷撃電流: 上記諸實測と並行して統計上雷害多き前橋及び宇都宮地方に

於ける避雷針雷撃電流の實測が行はれてゐる。未だ記録數は充分ではないが 30 kA 以下 11 記録が得られてゐる。

(2) 配電線に於ける實測 配電線に於ける異常電圧の實測は衝擊電圧記録器を用ひて昭和 7 年度以降毎夏繼續してゐる。實測區域は當初東京電燈會社宇都宮地方であつたが⁽¹⁴⁾, その後京阪電氣鐵道會社, 東邦電力會社名古屋及び九州地方の各配電線に及んでゐる。最近に得られた結果によれば⁽¹⁵⁾, 異常電圧は正極性のもの多く, 波高電圧は高壓側 40 kV 以上のもの約 12%, 100 kV 超過が約 1.4% となり, 低壓側 20 kV 以上約 14%, 最高電圧約 60 kV である。又配電線用避雷器の動作に關する實測もこれと併行して衝擊電圧記録器及び磁鋼片を用ひて行はれて居り, 機器の端子電圧の低減効果を充分發揮してゐる事, 保護効果は避雷器からの距離及び接地抵抗の増加に従つて減する事, 放電々流は正性のもの多く, 500 A 以下が過半數を占めるが 1,500 A 以上に達するものが 14% 程度ある事等が明らかとなつた。

(3) 通信線に於ける雷電壓電流の實測 通信線に於ける實測は通信技術委員會を主體として昭和 10 年以降繼續して行はれてゐる。六角英通, 梅原茂, 橋本太郎の 3 氏⁽¹⁶⁾の研究によれば, 架空裸通信線に發生する雷電壓は正性が多く記録總數 535 個の中約 80% に當り, 又最高電圧は 60 kV 程度に達するものがあり, 現用避雷器は雷電壓の抑壓に有效であつて時には 1 回の雷雨で動作多數に及ぶ事があるが, 多くは 5~6 回程度で, 放電々流は稀に數百アンペアに達するが, 100 A 以下が大部分である事等が明確になつた。

3. 避雷施設に關する研究

(1) 避雷針に關する研究 A. 避雷針の保護範圍に關する實驗的研究 一般構造物その他に對して避雷針は避雷施設として極めて重要なものであるにも拘らず, 従來これに關する確たる施行法の根據が缺けてゐた。夙に密田良太郎氏の指導により高岸英夫氏⁽¹⁷⁾は避雷針の保護範圍に關する實驗を進め, 先づ感應起電機を電源として模型實驗に着手した。而して避雷針の効果は雷雲の(-)の時高い事, (+)雲には土地の抵抗が相當に影響を有する事, 保護範圍は避雷針の高さの約 2~3 倍以内で, 效果範圍は高さの約 20~30 倍に及んでゐる事等を明らかにした。次いで更にテスラ型變壓器の衝擊電壓發生器を組立て, 電壓約 500 kV を發生させて實驗を繼續し, 前の結果を確め且地表面の抵抗は避雷効果を高める如く作用する事等を確認した。

引續き六角英通, 梅原茂, 橋本太郎, 坂田榮⁽¹⁸⁾の 4 氏は立體保護範圍の研究を進めた。本研究に於ては陰極線オシログラフを用ひてこれ迄の結果を検討すると共に, 更に多段式發生器を用ひて考察を行つてゐる。斯くて平面保護範圍は正負雷雲に對し夫々避雷針の高

さの約 1.9 及び 3.9 倍となり、在來の結果と大體一致してゐるが、立體保護範圍は從來一般に考へられてゐたものよりは比較的狭小な喇叭管状となり、又立體保護角は突出せる導電性の被保護物に對しては約 45 度を無難とし、木造の家屋等に對しては約 60 度を適當とする等の結論に到達した。

B. 避雷針の設計及び施工法 從來避雷針の設計及び施工法は慣例によつてゐるのが通例であつた。高岸英夫氏⁽¹⁹⁾はこれ等に關し當部に於ける調査及び實驗を基礎として一の基準を與へた。即ち避雷針施設の構造及び施工の基準に關する一般的解説、及び獨立避雷針柱を建設する場合、一般建造物に對する場合及び特殊建造物に對する場合等の工事仕様を解説した。

C. 油槽の避雷に關する研究 雷による油槽の發火は主として米國に於て經驗せられ、又我が國でも注意すべき問題である。これに關し高岸英夫氏⁽²⁰⁾は發火の原因は雷の直撃によるもの、靜電的乃至電磁的に誘發する高電壓によるもの、及びガスの漏出によるもの等に大別される事、且これ等は適切な避雷施設によつて除去する事が可能である事を指摘し、更に避雷方式の指針を與へた。

D. 避雷針に關する考察 避雷針の効果及び設計の準據に關し興味ある考察法が宮本慶己氏⁽²¹⁾によつて與へられた。これは雷撃尖端が同じ電壓を以て閃絡し得る目的物及び平面との閃絡距離の比即ち閃絡係數 k 、及び雷撃進行方面が垂直線となす角度即ち雷撃角 α の二つをその考察の主眼點とするものである。 k の 1 より大なる場合程避雷は容易となり、又 α の大なる程避雷困難となる。針正に對し $k < 1$ 、針負では $k > 1$ となると類推すれば避雷困難な雷は正雷といふ事になる。而して平坦な原野では $k = 0.7$ 、 $\alpha = 27^\circ$ 位が最悪な場合なる事を歸納し、この場合の避雷針及び架空地線の保護角度は約 14 度となり、又 2 本の避雷針又は架空地線とすれば、間隔が高さの 1.7 倍以下であればこれ等の中間地帯の保護角は約 80 度に近くなる事を算出した。

(2) **強電流線の避雷に關する研究** **A. 避雷器の調査研究** 電氣工作物の保安に對し避雷器は必要缺くべからざるものなるは言を俟たない。密田良太郎氏⁽²²⁾は早くより避雷器に關する研究を進めてゐる。大正 2 年、當時未だ避雷器が一般に充分認識されてゐないのに鑑み、アルミニウム、多隙及び角型避雷器に關し綜合調査研究を行つてゐる。次いで大正 13 年オキサイド避雷器が一般に使用されるに至つたが、本器の特性に關しても猶審かならざる點尠からざるを以てこれ等に就き笠井完、高岸英夫兩氏⁽²³⁾⁽²⁴⁾が研究を進め、商用周波の放電で過酸化鉛が金屬鉛に還元し弧光放電に至る事、發生酸素ガスの攪亂作用で有效な酸化鉛の電流遮斷作用を行ふ事が出来ない場合のあり得る事、反覆放電によ

り時に放電電壓が 2~3 倍に高まる事、濕度、氣温は實用上大して影響無く、電壓分布でセルの良否判定は困難なる事等を明らかにした。

B. 共振回路型避雷器 現用避雷器の改良は強電流工學界の重要課題の一である。茲に一つの方策として密田良太郎氏の指導により、蓄電器とインダクタンスを並列とするアンチレゾナンス回路を利用する避雷装置に關する研究が法貴四郎氏⁽²⁵⁾によつて進められた。即ちこの場合 $C = 0.1 \mu F$ とすれば標準波に對し現用避雷器と同程度の効果が期待され、而も波頭峻度の低減効果は頗る顯著であつて且續流遮斷に關してははるかに優れてゐるとするものである。

C. 高壓水銀避雷器 後述通信線用水銀避雷器の完成に引続き、密田良太郎氏⁽²⁶⁾により高壓回路に使用する本型に就き試作研究が進められてゐる。耐火性絶縁放電皿を使用して多數の水銀電弧を絶縁壁の適當なる配置により千鳥形又は喰違ひに直列に發生せしめ、單一間隙の放電電壓は交流 50~ で實効値 210 V 位にして使用電壓の増加に應じて皿の數を増し、動作電壓を任意に上昇せしめ得るのである。既に多くの實用をみて居り、成績佳良であると報告されてゐる⁽¹⁰⁾⁽¹⁴⁾。

D. 簡易避雷器試験器 避雷器の保守點檢は從來兎角放置され勝であつた。避雷器の不良化による事故は尠くない。茲に高岸英夫、渡邊市朗兩氏⁽²⁷⁾は配電線及び通信線用避雷器に使用すべき 2~3 の携帯用試験器を試作し、これ等を實用して好結果を得た事を報じてゐる。

E. 埋設地線 從來埋設地線は雷害防止に極めて有効である爲、實施例及び実績に關して多くの報告があるが、未だこれ等の間には合理的な設計の根據を明瞭にしてゐない感みがある。そこで笠井完氏、只野文哉氏等^{(28)~(34)}により埋設地線に關する研究が進められた。即ち埋設地線の設計には地線の材質及び太さ、埋設の深さ、長さ、並列條數、配置、土壤の固有抵抗、線路の特性等の考慮が大切である事、この内材質及び太さは直接保護効果には殆ど關係無く、埋設深さは約 50 cm、長さは 30 乃至 50 m、並列條數は 4~10 條、各條の間隔は最小 10 m 以上にすべき事等を明らかにした。而してこの場合土壤の固有抵抗を知る事は極めて大切である事を確め、簡単な測定器を用ひて該抵抗を測定し或程度埋設地線の設計資料に用ひ得る事を明らかにした。

(3) **弱電流線の避雷に關する研究** **A. 水銀避雷器** 弱電流回路に使用する避雷器は低廉且良性能のものが必要である。從來用ひられてゐるこの種の避雷器は多く防護及び通信確保の目的には不十分であつた。よつて構造簡單、點檢容易、放電容量大、且自復作用完全等の要求を満足せしめる目的で、大正 6 年以來密田良太郎、笠井完、高岸英夫の

3氏⁽³⁵⁾⁽³⁶⁾は研究を重ね水銀避雷器を創成した。本器の使用成績は頗る良好で従来その比を見ざるものである事が報告されてゐる。構造の要點は硝子容器内の底部に水銀を入れ、上方電極は水銀を満した皿状電極を用ひ、内部は稀薄瓦斯を満し、交流放電 \times 壓約 220 V ならしめたものである。

B. 機器の絶縁 通信機器の絶縁及び保安確保を合理的に行ふには避雷器の特性と被保護機器の絶縁特性とを比較する必要がある。従来本邦では通信機器の絶縁特性試験は殆ど行はれてゐない。茲に笠井完、高岸英夫、梅原茂の3氏⁽³⁷⁾は交流及び衝撃電壓 [10 \times 75] μ s, [70 \times 250] μ s を用ひて該試験を行つた。この結果 3,000 V 以上の耐壓を有する機器は多数あり、又衝撃比は 1 に近い事、機器にパラフィン等を含浸して耐力を増さしめ、且交流 2,000 V 1 分間程度の耐壓試験を課し、一方現用炭素及び真空避雷器の動作電壓を低下せしむる必要ある事等の結論を得た。

C. 搬送電話の保安 僻地の電話等に配電線を搬送線として利用する試みに對し、六角英通、梅原茂、森田重三の3氏⁽³⁸⁾はその保安施設に關する研究の一部として、昭和 13 年夏期千葉縣下で實地試験を行つた。その結果電燈線及び電話機に現在程度の保安を確保するには、低壓線の 1 線を電氣工作物規程第二種地線工事に準據する塞流線輪で接地し、端子に水銀避雷器を、又電話機端子には真空型避雷器を使用する他、その同調回路には 0.3 A のタングステンヒューズで短絡した約 200 Ω の無誘導抵抗を挿入すればよい事を結論した。

文 献

- (1) 密田良太郎：電試調 31 (大 15)
- (2) 高岸英夫、渡邊市朗：電試研 349 (昭 8)
- (3) 電試第 3 部：協研彙報 1, 9 (昭 9)
- (4) 六角英通：第 10 回萬國大送電網會議 No. 321 (1939)
- (5) 高岸英夫：電試研 224 (昭 3)
- (6) 協研調査會：協研彙報 12 (昭 12) 15 (昭 14) 16 (昭 14), 六角英通、梅原茂、橋本太郎、電試彙 3, 2, 80 (昭 14)
- (7) 大山松次郎、川崎五郎：電試調 98 (昭 10)
- (8) 内川武俊、高林丑彌：電試調 41 (昭 2)
- (9) 笠井 完：電試研 335 (昭 7)
- (10) 第一及び發送電雷害防止専門委員會：協研彙報 3 (昭 10), 5 (昭 10), 9 (昭 11), 13 (昭 12), 17 (昭 15)
- (11) 六角英通、三田 昇：大會豫稿 (昭 8)
- (12) 笠井 完、六角英通：電學誌 54, 519 (昭 9)
- (13) 六角英通：電評 23 (昭 10)
- (14) 笠井 完、高岸英夫：電試研 370 (昭 9)

- (15) 六角英通、梅原 茂、橋本太郎：電試彙 3, 7, 399 (昭 14)
- (16) 六角英通、梅原 茂：電試彙 3, 5, 270 (昭 14)
- (17) 高岸英夫：電試研 200, 電試研 340, 大會豫稿 (昭 8)
- (18) 六角英通、梅原 茂、橋本太郎、坂田 榮：電試彙 4, 10, 707 (昭 15)
- (19) 高岸英夫：電試研 345 (昭 8)
- (20) 高岸英夫：電試調 38 (昭 2)
- (21) 宮本慶巳：電試研 437 (昭 15)
- (22) 密田良太郎：電試研 16 (大 2)
- (23) 笠井 完、高岸英夫：電試研 137 (大 13)
- (24) 笠井 完、只野文哉：大會豫稿 (昭 5)
- (25) 法貴四郎：電試研 435 (昭 15)
- (26) 密田良太郎：萬國動力會議 73 (1929), 大會豫稿 4, 125 (昭 4)
- (27) 高岸英夫、渡邊市朗：電試彙 1, 4, 187 (昭 12)
- (28) 笠井 完、高橋豊次、永倉久雄：大會豫稿 7, 130 (昭 7)
- (29) 高岸英夫、林谷 集：電學誌 54, 394 (昭 9)
- (30) 笠井 完、只野文哉：電學誌 56, 507 (昭 11)
- (31) 笠井 完、只野文哉：電學誌 56, 1227 (昭 11)
- (32) 只野文哉、崔 榮祥、御所十四郎：大會豫稿 4(5), 17 (昭 15)
- (33) 只野文哉、瀧田純一、崔 榮祥：電試彙 4, 10, 703 (昭 15)
- (34) 只野文哉：電試彙 4, 11, 759 (昭 15)
- (35) 密田良太郎：電試研 157 (大 14)
- (36) 笠井 完、高岸英夫：電試研 139 (大 13)
- (37) 笠井 完、高岸英夫、梅原 茂：電試研 374 (昭 9)
- (38) 六角英通、梅原 茂、森田重三：電試彙 3, 493 (昭 14)

第 3 節 高電壓絶縁

1. 絶縁破壊並に絶縁構成に關する理論

(1) 氣中絶縁並に絶縁構成法 第三部に於ける絶縁破壊並に絶縁構成の理論に關する研究に就いては、先づ宮本慶巳、中西勝治兩氏の業蹟を挙げなければならない。宮本慶巳氏は絶縁の破壊機構を詳にすると共に絶縁構成方法の改良と對策とを圖り、電氣絶縁の技術的合理化を得る事を目的として種々考察する處があつた。即ち絶縁系の静電的問題に關しては種々計算法^{(1)~(5)}を示し、對向電極の端効果⁽¹⁾、任意形状の電極間の電界の求め方⁽²⁾⁽⁴⁾管又は溝の中の静電界⁽³⁾、軸對稱電界の一般解法⁽⁵⁾、任意形状電極間の静電界の解法等⁽⁶⁾を與へ、特に模型實驗が未だ重要な地位にある事を失つてゐないのに鑑み、矩形器内に於ての模型實驗に及ぼす器壁の影響を解析し、その對策を提示した⁽⁴⁾。同氏はまた絶縁破壊の機構は、電子、分子的問題である事に鑑み電氣的並に分光學的に研究し、空氣を始め各種氣體⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾及び蒸氣中⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾に於ける絶縁破壊の機構、特にコロナに於ける電壓

電流の関係を明らかにした。而して氣體に於ては分子の電子附着力、分子の構成の有様によつて氣體絶縁の破壊電圧が左右され、構成分子數、電離電壓、電子自由行程等の状態と放電電壓との関係を明らかにし、これ等が等價温度として表はし得る事、及び電子附着係數の統計的價を變化し、空間電荷の出來方、效果を左右する事等に就いて2~3の重要な法則が示された。斯くて従來行はれて來た所謂靜電的絶縁構成法では唯電極の形とその間の絶縁物の受ける電氣的又は熱的作用を考へるに止り、コロナが發生すればコロナを單に電極の延長と考へたに過ぎなかつたが、この研究によりコロナは單に電極の延長と云ふのみの簡単な役割を果すのみでなく、コロナと絶縁物とは化學的又は物理的的作用を起して絶縁物を變化させ、これ等の作用を防止する爲、及び絶縁の方式を合理化する爲にコロナの機構を一先づ等價的に500°C以上の温度のものとして他の絶縁物との作用を考慮して取扱ふべき事を示した。また従來コロナ中の電位降下に就いては種々考へられてはゐたが、如何様に取扱ふべきか不明であつた點も詳細な理論的並に實驗的研究の結果問題とするに足らぬ事を示し、コロナの電氣的取扱法を明らかにし、斯くて針端効果なるものゝ最も一般的意義が明らかにされたのである。又従來誤つて使用されてゐた空間電荷と電流との関係を訂正確立し、これ等の結果を數式として與へ、設計上最も必要とする處の推定可能な論據及び算法を提供した事も特記すべきものである。

(2) 絶縁物の破壊 現在の學界の實情に於ては高電壓絶縁設計の基礎研究が未だ不十分であつて、一般的理論が與へられてゐない。即ち絶縁の寸度と破壊電壓との間に相似律が成立せず、又その間の一般法則も研究されてゐない状態である。中西勝治氏は、その原因は絶縁破壊の二つの主要な事實、即ち熱破壊及び不平等電界に於ける破壊に就いての研究が未完成の爲であるとし、これ等の主要問題に就いて研究を行つた。同氏は先づ、不平等電界に於ける絶縁耐力低下の真相を明らかにすることを研究目的とし、この問題は結局氣體及び液體中の沿面コロナ放電の影響の研究に歸するとの見解の下に、沿面コロナ放電に伴ふ高周波電氣振動に就いて詳細なる實驗を行つた^{(12)~(14)}。即ちその振動が回路固有のものなる事、振動數、減衰、電壓との關係、氣體及び氣壓の關係等を各種絶縁物に就いて實驗結果を與へ、又その極性効果及び電壓位相との關係が特殊の實驗装置により測定された。更にブラウン管及び陰極線オシログラフにより個々の電氣振動の實體を實驗測定してその本質が初めて明瞭にされた。次に氣中及び油中に不平等電界に於ける絶縁物破壊實驗を行つて、高周波電氣振動との關係を明らかにし、これ等の實驗結果より綜合して、不平等電界に於ける絶縁耐力低下の眞因はコロナ放電の錐先作用に存在するとの考察と理論を與へた。尙多くの資料に就いて高電壓に於ける絶縁物の表面漏洩抵抗を測定して實際

に役立つ數値を與へ、更に高周波電氣振動を利用せる工學的應用に迄發展せしめた。同氏はまた交流電壓印加に依る絶縁物破壊時の電壓波形の位相角に對する分布を特別に考案試作せる装置により、統計的に實驗し、その結果に對する考察より、絶縁破壊を電氣破壊、不平等電界の影響による破壊及び熱破壊の3種に判別し得べき事をそれ等の物理的意味から説明した⁽¹⁵⁾。即ち各資料に就いての實驗例を與へ、所謂中間區域と稱するゝ温度範圍の破壊も熱的なる事を示し、更に變壓器油の電氣破壊の實驗的證明を與へ、不平等電界の影響の意味を説明して衝擊電壓の絶縁破壊に於て注意さるべき事柄を考察した。また固體絶縁物の熱破壊に於て⁽¹⁶⁾、低温部の電氣破壊と高温部の熱破壊の中間に就いての研究が現在尙不充分であつて學説も未決定である點に鑑み、硝子試料に就いて温度及び厚みの廣範圍に互る詳細な實驗を行ひ、理論を提唱して、常溫範圍に於ける所謂中間區域の破壊に就いて明瞭な説明を示した。即ち試料内部にて電解成極現象の著しいものにあつては、ワグナー氏及びフオック氏の熱破壊理論は適用されず。斯かる成極現象を考慮せる理論式により、破壊電壓と温度及び厚みとの關係が實驗結果とよく一致する事を示したのである。同氏はまた負極コロナ放電に伴ふ回路固有の高周波電氣振動の存在を實驗的に證し、その物理的意味を説明した⁽¹⁷⁾。負極コロナ放電の安定に發生する範圍にては斯かる高周波振動電流の量は電壓値に比例する事を見出し、依つて高電壓計としてはコロナ電壓計よりも優れてゐる事を指摘し、又同期摘出器を用ひて高電壓波形を測定し得る事を示し多くの實驗例を與へた。又交番電壓印加の際、電壓位相の各瞬時に於ける現象を統計的に實驗し得る簡単な方法を提案し、火花放電に就いての諸實驗に應用した。

(3) 液體內に於ける放電 絶縁破壊の理論とは云ひ難いが、類似性があるので此處に記述する。液體中に於ける放電現象は種々の見地から重要な問題であつて殊に電氣化學との關聯に於て意味深いものがあり、従來諸外國に於ても數多くの研究がなされてゐる。

電氣試驗所に於ても昭和2年小幡彦一氏がこの問題に着目し、液體內に於て各種の電極を使用して放電現象を観察し、特に電極面と電極附近の電子とに着目して研究した^{(18)~(20)}。即ち炭素、アルミニウム、鐵、亞鉛、カドミウム、錫、鉛等の電極につき放電後の電極の顯微鏡寫眞を撮影して電極表面の強力なる電界の爲電極が小さき粒子によつて烈しい射突を受ける模様を検し、また放電時のスペクトル撮影を行つて表面附近の強電界によるStark効果を論じ表面附近の電位傾度は $10^4 \sim 10^5$ V/cmに及ぶ事を指摘し、また場合によつては帶狀スペクトルを得る事等、興味ある結果を報告してゐる。

2. 各種絶縁

(1) 碍子 高電壓絶縁の問題に關して最初に考へられるものは送電線用碍子に關す

る事項である。従つて第三部に於ける碍子の研究は既に大正初年より始められ、古くは大正3年に廣部徳三郎、久保進兩氏の研究があり、次いで大正年間には peek 氏の所謂 String efficiency に關聯して一しきり電位分布に關する検討が行はれた。廣部徳三郎、久保進兩氏の報告⁽²¹⁾は3章より成り、第1章に於ては特別高壓碍子用磁器の種類、製法、性質等に就いて論じ、特に電氣的特性に關しては著者自身の實驗結果を掲げて評論してゐる。その中でも特に磁器の油中破壊現象に就いては後年東大の西健博士が更に同様な實驗を繰返してこれを完成されてゐるが、それと略同様な觀察を行ひ獨特の説明を加へてゐる點今日に於ても尙その光彩を放つてゐる。第2章に於てはピン碍子の、第3章に於ては懸垂碍子の、主として電氣的特性に就いて述べてゐるが、特に第3章は黎明期の懸垂碍子發達の過程に就いて詳論したる點で、今日に於ても貴重な文献の一つとして必讀の大文字たるを失はない。懸垂碍子連に於ける電位分布に就いては、松浦二郎氏⁽²²⁾は漏洩抵抗を考慮に入れて數式を導き、次で別宮貞俊氏⁽²³⁾は碍子金具の對線容量の影響を考慮に入れ、從來行はれてゐた R. Riidenberg 氏や三枝彦雄氏の考へ方を更に進展せしむる所があつた。昭和時代に入つてからは、六角英通氏並に新宮行太氏の下で數多くの實驗的研究が行はれた。即ち高壓電橋を用ひ碍子の靜電容量及び碍子内に消費される電力を測定した實驗結果の報告⁽²⁴⁾、特別高壓碍子の乾燥並に注水閃絡電壓と環境條件との關係、高真空蓄電器等に就いて論じた報告⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾、特別高壓碍子に關する文献調査報告⁽²⁷⁾等の他に所外發表文献としては各種碍子の乾燥状態並に注水状態に於ける靜電容量⁽²⁸⁾を測定し、それが送電線々路定數に及ぼす影響を論じたもの、或は懸垂碍子の注水閃絡電壓と注水量との關係及び耐張碍子の注水閃絡電壓と注水方向との關係に就いて論じたもの等があり⁽²⁹⁾、更に碍子の電力損失に關しては空間電荷の影響によつて電壓より90°以上進んだ電流の發生することがある事實を述べ、高電壓低力率測定上の注意を喚起してゐる⁽³⁰⁾。尙この他交流高電壓による招弧裝置の試験又は最近の衝擊高電壓に關する諸實驗等に就いても數多くの報告があるが、これ等に就いては第3節の高電壓試験に關する項に述べる事にする。又これ等の研究と相俟つて、電力需要者及び碍子製造者等と密接なる連絡を保ち、碍子の改良進歩に寄與したる所も尠からず、又日本電氣工藝委員會に參與して送電用碍子標準規程の制定に當り貢獻した所も尠くない點も特筆しなければならぬ。

(2) 套管 第三部が套管に關する研究に着手したのは、比較的近年の事に屬し未だ餘り纏つた報告は現れてゐない。然しながら宮本慶巳氏は事故防止協同研究會に参加し、高壓套管の使用中に於ける劣化を豫知し、事故を未然に防止する爲の研究を行ひ、蓄電器套管の劣化検出に公算論を適用する事⁽³¹⁾、或はまた套管周圍の電位分布の測定によ

る劣化検出法に就いて研究した⁽³²⁾。尙、我が國に於ける數個所の套管製造會社の設計並に製造の現状に就いては、宮本慶巳氏の詳細な調査報告⁽³³⁾がある。

(3) 絶縁用礦油 絶縁用礦油は古くより變壓器、遮斷器類の絶縁及び冷却に使用されて來たが、近年は更に特別高壓電纜、電力用蓄電器等に廣く採用され優秀な性能を發揮するに至つてゐる。元來絶縁用礦油は處理竝に取扱に宜敷を得れば絶縁抵抗、絶縁耐力、耐久度等は何れも頗る大であるが、油中浮遊夾物による絶縁耐力の低下、空氣及び熱による劣化等を受ける恐れがある。

絶縁油の絶縁破壊試験に關しては當所に於ても夙にその重要性を認め、曩に故廣部徳三郎及び小川若三郎竝に久保進の3氏⁽³⁴⁾は内地製變壓器油改良の一助として礦油の電氣的特性の正確な決定を行ふ必要を痛感し、その標準試験方法の確立に就いて考察する所があり、又澁澤元治、小川若三郎及び鳥山四男の3氏⁽³⁵⁾は當時本邦製油の信用薄く、使用油の大部分は外國製油の輸入に俟つての實情を慨歎し、而も偶々歐洲大戰に會して内國製油の需要を喚起する必要を認め、彼等の代表的絶縁油を對比研究して製油及び使用方面の參考に資する所があつた。その後相川孝雄氏は絶縁油試験法に關する調査研究を行ひ、直徑12.5mm 耗球狀電極による標準試験確立に關聯して絶縁破壊に關する内外文献並に試験方法を調査し、且代表的市販油につき試験し、電極の清淨方法及び試験の施行に關する資料を得た⁽³⁶⁾⁽³⁷⁾。尙市販絶縁用礦油の絶縁破壊試験に就いては我が國標準試験を主對象とし合理的な試験方法の決定を圖り、絶縁耐力の向上より絶縁油品質の改善に資せんとし、可及的忠實に試験觀測の結果を検討し普通の市場品であつてもその精製度が高いものは65kV程度に平均破壊電壓を有するに拘らず、水分、纖維質物等が夾雜して汚損が著しい油は14kV程度に低下する事を指摘し、併て絶縁破壊による放電生成物就中炭化物及び氣泡の影響を除去する爲試験用回路遮斷器の限時調整度に關し、これを1/50秒程度に改善する必要がある事情を明瞭にした⁽³⁸⁾。

絶縁用礦油の熱劣化に關しては20餘種に及ぶ市販の内外國産新舊絶縁油につき、溫度80°、90°、100°及び110°Cに於て長時間に亘る加熱試験の結果から油の使用溫度が80°C程度に突發的に達することあるも、これ以上の溫度に於ける場合と對比し著しい熱劣化影響を及ぼすものでないこと、並に油の熱劣化は油の一般的特性を對象として考慮するを妥當とすること、就中比重0.880~0.899にして良精製度なることを期した。礦油中に熱劣化傾向に於て他種油に比し秀れた性状のものあるを指摘し、適當なる絶縁油の選擇の參考に資する所があつた⁽³⁹⁾。

尙、熱劣化油の再生處理時決定に關する事項並に熱劣化過程に於ける絶縁油の冷却性狀

に関する事項等に就いては、夫々現在試験に基づく資料を取纏中である。

(4) **絶縁紙布** 絶縁紙布の耐熱並に耐久特性に就いては既に大正7年澁澤元治、密田良太郎、橋村正治の3氏の報告⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾がある。これは当時日本電気工務委員会に於て電気機器の標準を決定するに當りその許容温度を定める一資料として試験研究を行つたものである。試料はマニラ紙、プレスボード、エンパイヤ布等約13種のものを使用し、耐熱並に耐久特性に関する実験を行ひ、その結果として、温度上昇により材料それ自身の絶縁耐力は減少すべきであるが、同時に湿度乾燥が行はれる結果、實用上は耐力の低下を見ない事實を明らかにし、實際上絶縁破壊の故障は主として機械的強度の減退によるものであると結論した。

(5) **その他** 檜崎治、相川孝雄の兩氏は我が國に於て普通使用される檜、杉、松、櫻、樺、朴、栢、桐、桂等、約10種の木材に就いて試料を作り、自然乾燥及びパラフィンを含浸した場合の絶縁特性に関する実験を行ひ、乾燥並に濕潤状態に於ける表面放電試験や高電圧ブリッジによる損失の測定等を行つた⁽⁴²⁾。

3. 高電圧試験

次に第三部に於ける高電圧試験設備並にその運用に就いて略述しよう。この中草創時代の衝撃電圧に関する研究は或は第1章に入れるのを適當とするものであるかも知れぬが、最近に於ける衝撃高電圧發生装置の進歩に對比する時、一段と興味を加へるものがあるので本章で記述する事にした。

(1) **交流電圧試験** 交流電圧試験用變壓器としては大正の初期に芝浦製作所製造の10kVA 100kVのものが1組と別に250~20kVの高周波試験装置があつて、絶縁油その他の高電圧試験に使用してゐたが、その後大正7~8年頃日立製作所から100kVA、360kVの試験用變壓器を購入した。その套管が當時新型とされてゐた所謂蓄電器型套管であつたが、これがその試験電圧に耐へないので静電遮蔽その他の應急策を講じて間に合はせたといふ挿話が残つてゐる。360kVと云へば當時としては相當な高電圧であつたので各方面からの參觀者が多かつた。大正12年の震災でこれは何れも烏有に歸し、その後日立製作所から15kVA、250kVの試験用變壓器を購入し、次いで明電舎から50kVA、250kVの試験用變壓器を購入し、主として碍子その他絶縁物の試験に使用した。昭和11年これ等は永田町分室に移して現在に及んでゐる。

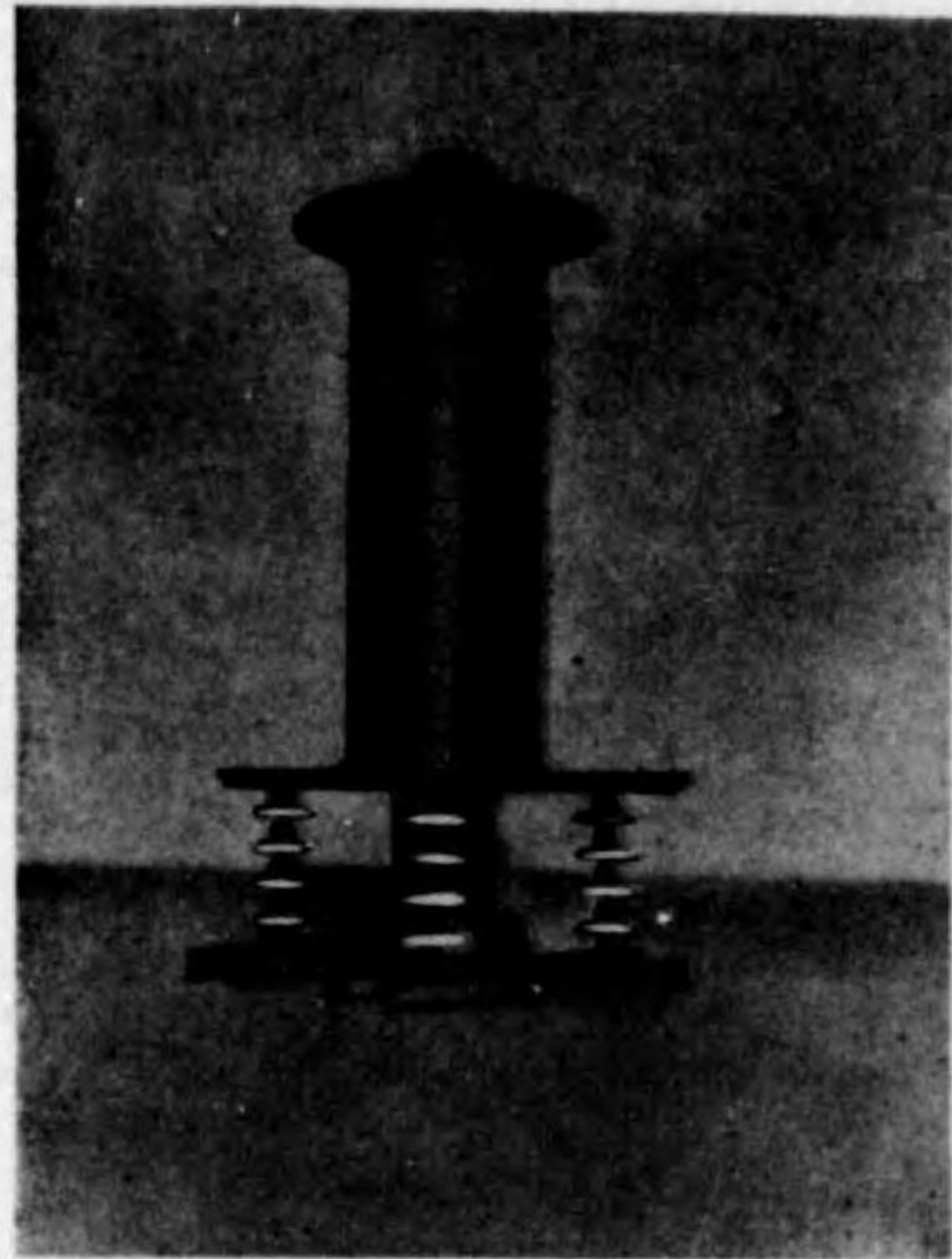
昭和13年更に200kVA、300kVの試験用2個を購入し、田無分室に於てこれ等を鎖状に連結し、對地600kVまでの電圧が得られる様になつた。電気試験所としてはこれが

商用周波数の最高電圧電源であつて、目下超高電圧送電線用導體のコロナ損失測定にこれを使用してゐる。

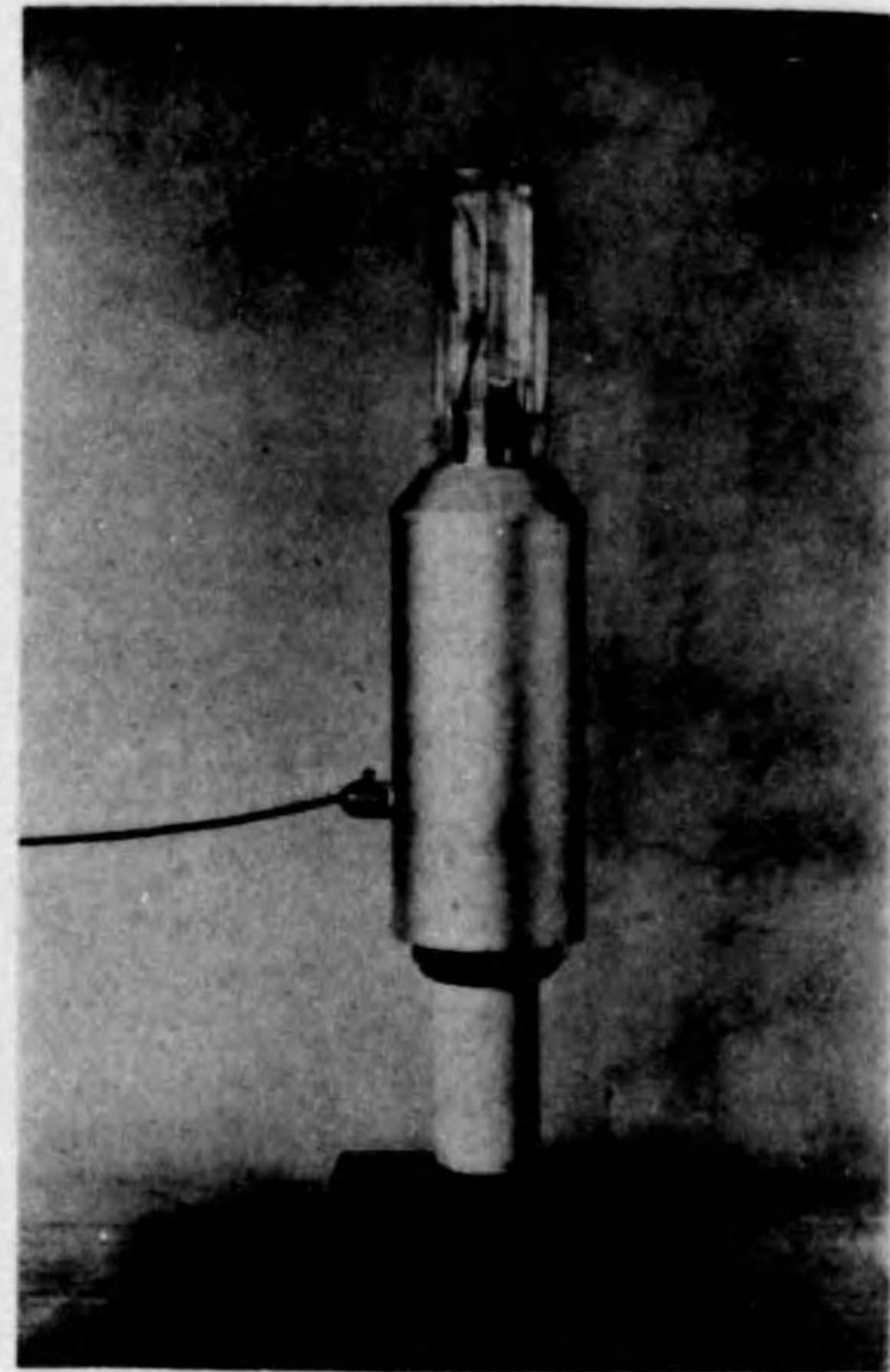
交流高電圧による碍子類の試験報告に就いてはその一部は既に第2章碍子の項に紹介したが、その他に尙六角英通、新宮行太氏等による招弧装置の試験⁽⁴³⁾並に碍子連の交流閃絡試験⁽⁴⁴⁾等がある。

(2) **標準蓄電器** 交流電圧試験装置に附隨して誘電體損失の測定に関する事項を述べる。誘電體損失を測定するには色々の方法があり、Dynamometer や Quadrant electrometer を Wattmeter として用ふる事もあるが⁽⁴⁵⁾、特に低力率高電圧の場合には、Schering bridge を使用するが便利である。この Schering bridge には静電容量及び力率が明確に定つてゐる標準蓄電器を必要とする。この標準蓄電器はその静電容量及び力率が印加電圧や天候と一定の関係があつてそれが既知であれば理論上はそれでよいわけであるが、特に力率零なるものが得られれば實用上頗る便利である。

斯くの如き目的には普通空氣蓄電器が利用される。第三部に於ても昭和2年頃電圧150kV、容量100 μ Fの同軸圓筒型蓄電器(Petersen Condenser)を試作して見たが、容量は102 μ Fの一定値を有つてゐたが、力率は日によつて變り而もそれがかなり大きく耐電圧特性も割合低くて120kV以上はかけられなかつたので、翌年所謂三平板蓄電器を作つた。これは耐電圧と静電容量とは互に略反比例して自由に調整出来るのであるが最も便利なのはその何れの電極を接地しても差支へないことである。従つてこれを所謂 Inverse schering bridge の標準器として使用し實際使用状態の碍子に於ける損失⁽⁴⁶⁾や電線のコロナ損失を測定⁽⁴⁷⁾することが出来る。併しこの蓄電器も天候によつて力率の變る惧は多分にある。Hartman Braun 社で作つてゐる窒素瓦斯封入の同軸圓筒型蓄電器は動作部分が密閉されてゐるのでこの點は割によいわけであるが、これとても全然無損失といふわけには行かない。保護電極を具へてゐるのは内部の接地電極だけであるので前記の Inverse bridge に使用するには相當に不便である。この蓄電器の定格は封入瓦斯壓12kg/cm²の場合に150kV、100 μ Fといふのであるが、瓦斯壓を常時この値以上に保つことはかなり困難で、普通120kV以上は使へないことが多かつた。超高電圧送電線の研究が具體化するにつれて電圧の高い蓄電器を必要とする様になつたので、同軸圓筒型蓄電器に良質の絶縁油を封入し、250kV位まで使へるものを試作した。その静電容量は約64 μ F、力率は $\frac{1}{1,000}$ 程度である。第1圖はその外觀を示すものである。尙可搬標準蓄電器としては古くから Minos Flaschen といふ名前で Schott & Gen でエナ硝子の蓄電器を賣出してゐる。これは電圧は10kV、容量は300~200 μ F、力率は1%程度であつて、あまり



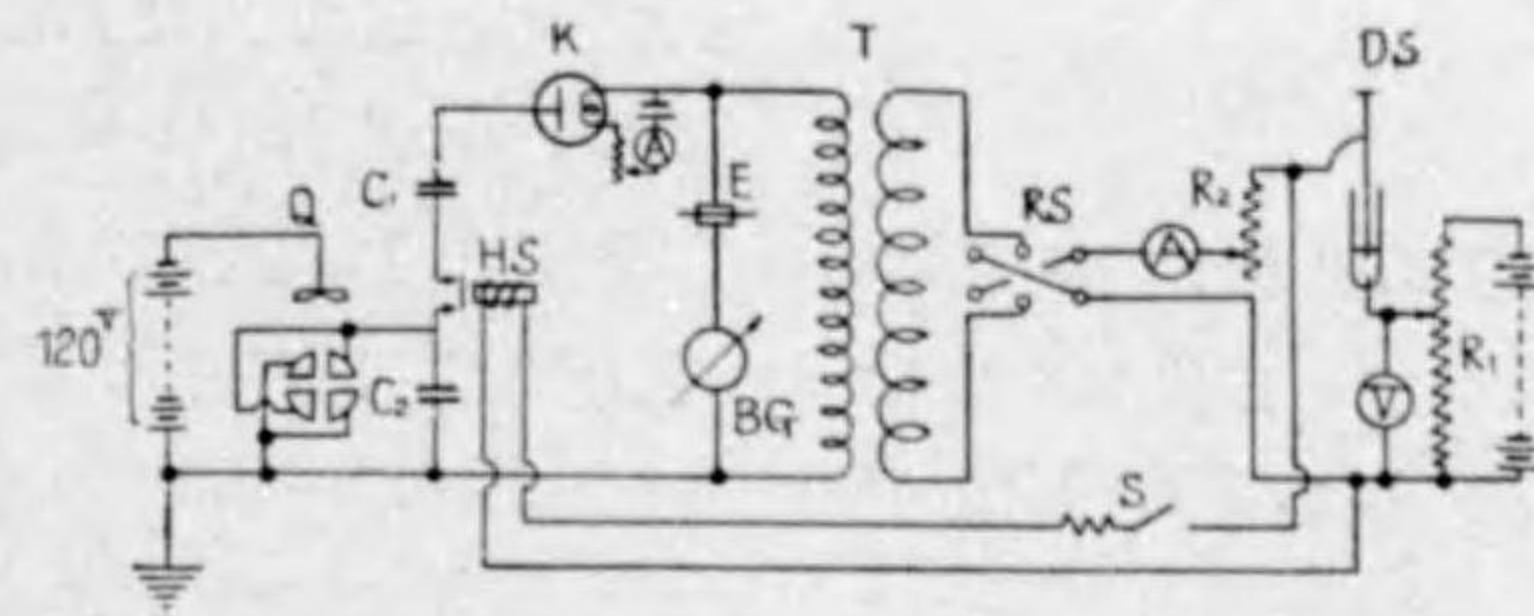
第1圖 同軸圓筒型標準蓄電器



第2圖 高真空標準蓄電器

精密を要しない場合には直列に接続して高電圧に使用することも出来るのでかなり便利である。併し $\frac{1}{1,000}$ 以下の低い力率を測定する場合には不適當であるから、その要求を充すために高真空蓄電器⁽⁴⁸⁾を試作し豫期以上の好成績を納めることを得た。特に力率が低い點に於ては前記の何れの蓄電器よりも優秀であることが實證された。但しその製作には少からぬ困難を伴ひ、現在までの處 40 kV, 60 μF 程度のものしか出来てゐない。第2圖は即ちその外觀を示すものである。

(3) 衝擊電壓試験装置 次に衝擊電壓に関する研究並に試験装置に就いて簡単に述べよう。陰極線オシログラフの發達と多段式衝擊電壓發生器の發明とによつて現在の衝擊電壓試験に関する Practice が確立する迄には矢張り先人刻苦の歴史がある。我が電氣試験所に於ても別宮貞俊、丹野治兩氏が初めて衝擊電壓に関する研究を發表したのは大正10年の事であつた⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾。氏は Steinmetz 氏流に計器用變成器の一次側に直流電壓を加へて二次側に誘起する衝擊電壓を各種の絶縁物並に放電間隙に加へて試験を行ひ、その波高値を蓄電器と靜電容量計とを使用する衝擊波高電壓計並に電磁オシログラフによつて測定した。その回路は第3圖に示す如くである。實驗結果の中に球間隙の放電電壓の不整に

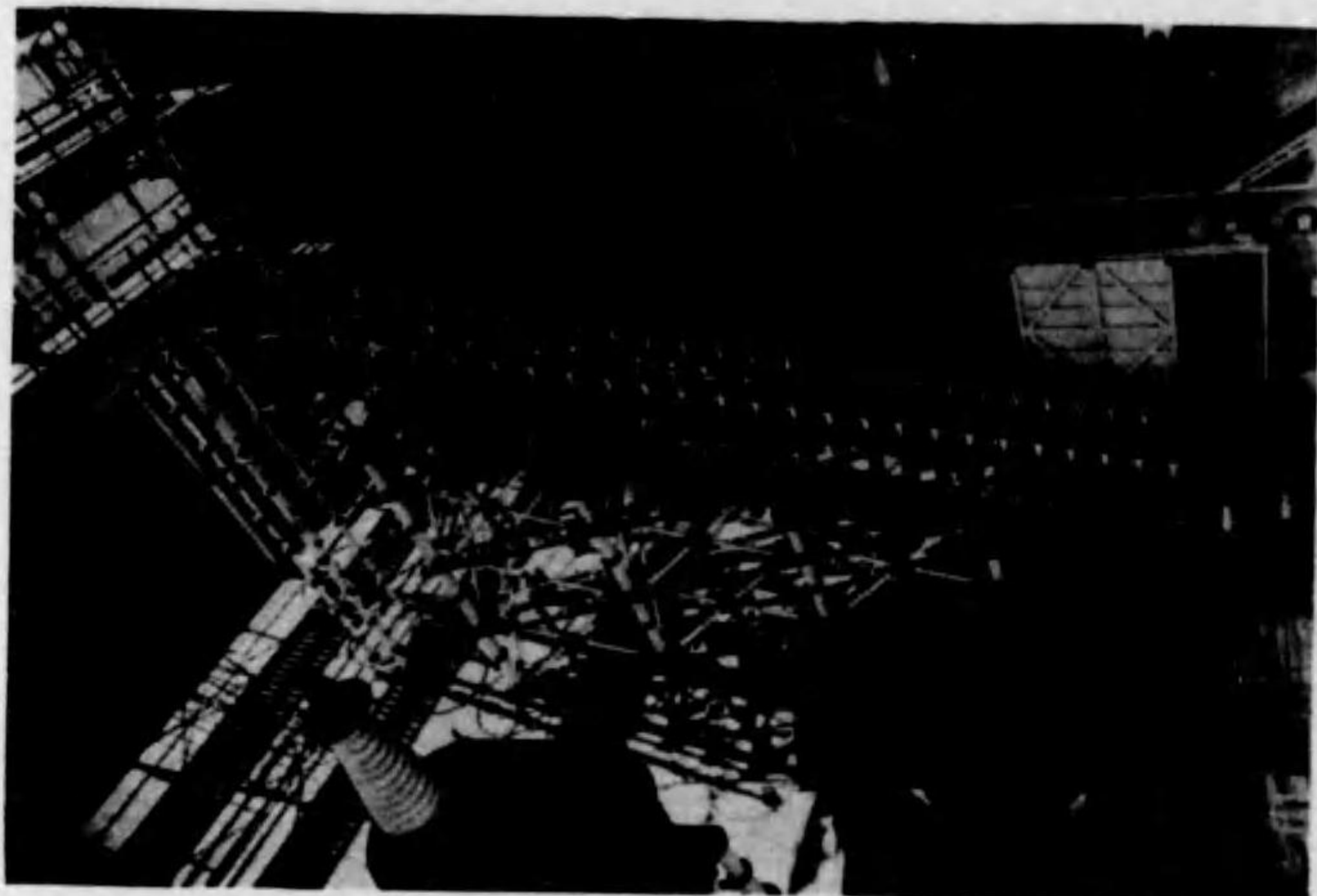


T: 試験用變壓器 3 kVA, 30 kV
 DS: ドロップスイッチ BG: 彈動檢流計
 K: ケノトロン Q: 象限電位計

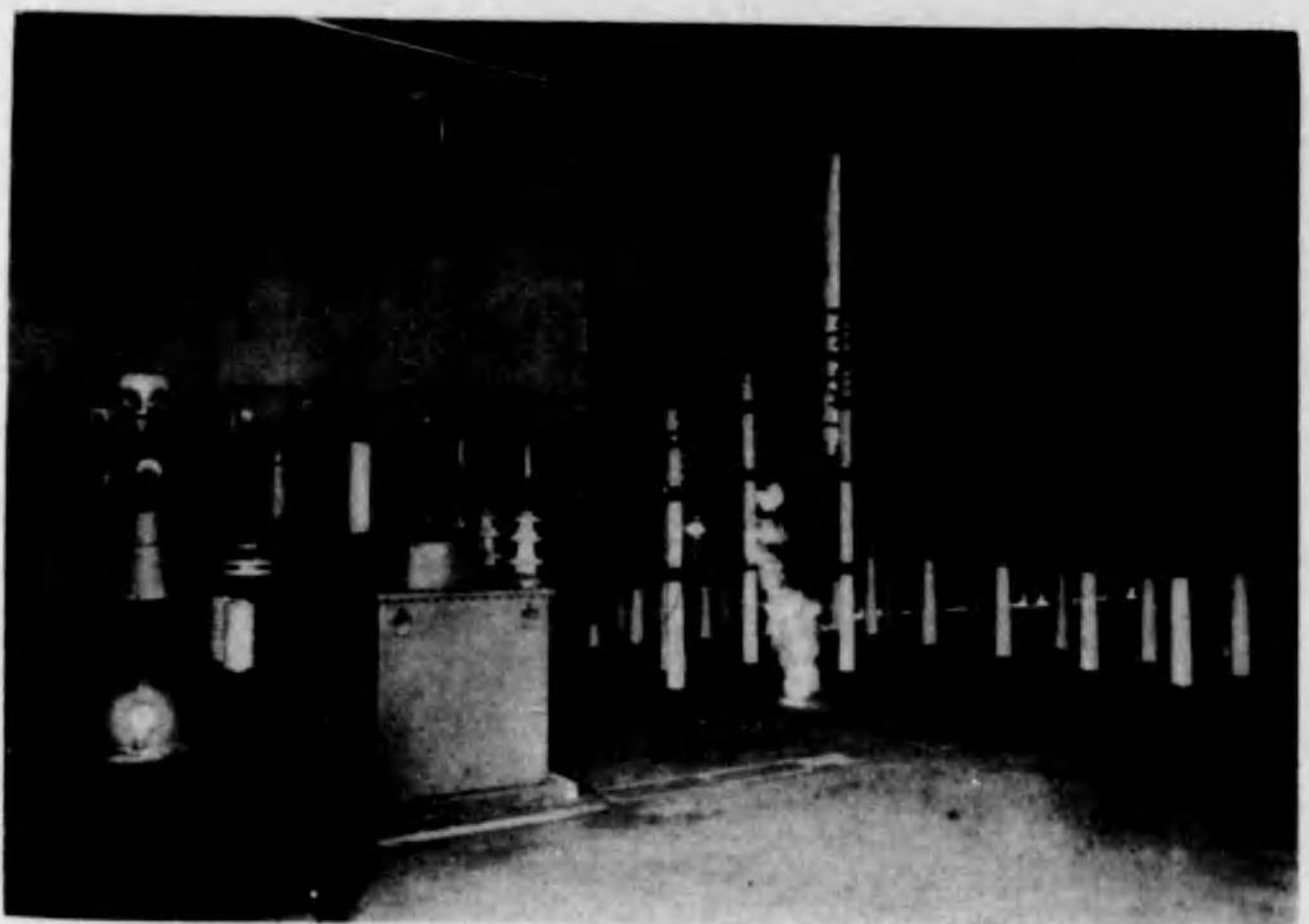
第3圖 別宮、丹野兩氏の衝擊回路

就いて論及し、その原因を大氣中の偶存イオンに歸してゐるのは當時にあつての卓見である。尙、放電の不整と偶存イオンとの關係に就いては丹羽保次郎氏の討論⁽⁵¹⁾がある。續いて昭和4年兩氏はその當時漸く使用の域に達した Dufour 型陰極線オシログラフによつて針、球、平板等の組合せに関する實驗を行つてその結果を報告してゐる⁽⁵²⁾。尙針、對球又は平板の衝擊電壓に對する特性に關しては梶崎治、宮本慶巳兩氏の研究がある⁽⁵³⁾⁽⁵⁴⁾。

衝擊高電壓發生装置としてはその後蓄電器の放電を利用する方法が賞用せられるに至り、1924年、Marx が所謂多段式衝擊電壓發生器の接続方法を公表してから間もなく芝浦分室に硝子蓄電器により 1 μF , 40 kV のものが作られ、次いでマイロウスキーのペルチナックス蓄電器によるものが多數作られ、これ等はその後解體組立擴張等變遷常なく現在に及んでゐる。固定的のものとしては昭和11年に至り永田町分室に現在の 0.005 μF , 3,600 kV のものが作られ主として架空及び埋設地線、斷路器、結合蓄電器、碍子、招弧装置等の試験に使用されてゐるが(第4圖参照)、昭和14年超高压送電技術に關する研究の進展と共に田無分室にも 0.015 μF , 2,400 kV の衝擊電壓發生器が新設せられ、同じく結合蓄電器、避雷器直列間隙、送電線の衝擊電壓特性等の試験研究に活用されてゐる。また田無分室には同時に蓄積エネルギーの點に於ては世界最大を誇る 110 kJ 衝擊電流發生器が新設され(第5圖参照)、大容量蓄電器の耐壓試験、或は避雷器の放電耐量試験又は導體の熔斷現象その他の研究に使用されてゐる。これ等の實績は何れも近年の事に屬するので細説を省き單に文献一覽表を掲げるに止めよう。尙衝擊高電壓の測定に關しては別に陰極線オシログラフの項に記してある故、此處には一切の記述を省略する事にする。また日本電氣工藝委員會に於ける衝擊電壓委員會の事業に關しては笠井完氏以下當部に於ける研究が大いに貢獻した事實も特記すべき事項である。



第4圖 0.005 μ F 3,600 kV 衝擊電壓發生器 (永田町分室)



第5圖 110 kJ 衝擊電流發生器 (田無分室)

衝擊電壓關係文献表

題 目	執 筆 者	卷 號	昭 和	頁
(1) 電気試験所第三部 3,000,000 V 衝擊電壓發生装置	第三部係員	電試彙	1 2 12	57
(2) 電気試験所, 永田町分室に於ける 3,000,000 V 衝擊電壓發生装置		オーム	24 1 12	5
(3) 3,600,000 V 發雷装置の充電抵抗に就いて除極線オシログラフに依る衝擊高電壓の測定に就いて	新宮 行太 庄司七三郎	電試彙	1 9 12	475
(4) 衝擊波形直視装置の試作	只野 文哉	"	1 12 12	661
(5) 360 萬 V 衝擊電壓發生装置に関する實驗	笠井 完 藤 幸生	"	1 12 12	677
(6) 送電線と等價の波動抵抗を有する衝擊電壓發生器	只野 文哉	"	2 7 13	415
(7) 衝擊電壓發生装置の發生電壓の波形調整に就いて	只野 文哉	"	2 9 13	575
(8) 單位碍子の寸法と碍子連の衝擊閃絡電壓に就いて	庄司七三郎	"	2 10 13	631
(9) 衝擊電壓に依る招弧装置の實驗	六角 英通 新宮 行太 庄司七三郎 松本 賢一	"	2 11 13	699
(10) 衝擊電壓に依る閃絡に及ぼす大氣狀態の影響に就いて(第一報)	六角 英通 新宮 行太 庄司七三郎 松本 賢一	"	2 12 13	805
(11) 衝擊電壓發生装置の波形調整用蓄電器に就いて	裕崎 治	"	3 3 14	136
(12) 試料のインピーダンスを考慮した場合に於ける衝擊電壓發生装置の發生電壓に就いて	庄司七三郎	"	3 4 14	213
(13) 球間隙と抵抗分壓器とに依る衝擊高電壓の測定	庄司七三郎	"	3 6 14	344
(14) 球間隙の衝擊放電々壓に就いて	笠井 完 只野 文哉	"	3 6 14	357
(15) 再び 3,600 kV 發雷装置の充電抵抗に就いて	只野 文哉 崔 榮 祥 御所十四郎	"	3 9 14	522
(16) 140 kV 單投斷路器の衝擊電壓閃絡試驗	新宮 行太 庄司七三郎	"	3 10 14	595
(17) 220 kV 搬送電流結合用蓄電器の衝擊電壓試驗	只野 文哉 崔 榮 祥 御所十四郎	"	3 12 14	797
(18) 容量負荷の場合に於ける衝擊電壓發生器回路定數の決定	法貴 四郎 只野 文哉 池田 義一 崔 榮 祥	"	4 5 15	27
(19) 衝擊電壓發生装置の波形調整用圖表に就いて	法貴 四郎 小田 英男	"	4 6 15	31
(20) 超高壓送電用碍子の招弧装置に関する實驗	庄司七三郎	"	4 7 15	39
(21) 140 kV 搬送電流結合用蓄電器の衝擊電壓試驗	六角 英通 新宮 行太 庄司七三郎	"	4 9 15	10
(22) 單位碍子の形狀寸法と招弧作用	法貴 四郎 藤 幸生 木谷 芳一	"	4 10 15	36
(23) 161 kV アルミニウム避雷器直列間隙の衝擊電壓試驗	六角 英通 新宮 行太 庄司七三郎	"	4 11 15	23
(24) 66 kV 搬送電流結合用蓄電器の衝擊電壓試驗	法貴 四郎 崔 榮 祥 田中 猛	"	5 1 16	40
(25) 110 kJ 衝擊電流發生器	法貴 四郎 崔 榮 祥 藤 幸生	"	5 2 16	90
(26) 110 kJ 衝擊電流發生器	法貴 四郎 只野 文哉 藤 幸生	聯合大 會豫稿	15 112	

文 献

- (1) 宮本慶巳: 電試研 240 (昭 3)
- (2) 宮本慶巳: 三學會聯合大會 (昭 4)
- (3) 宮本慶巳: 電學誌 51, 57 (昭 6)
- (4) 宮本慶巳: 電試研 305 (昭 6)
- (5) 宮本慶巳: 電試彙 1, 3 (昭 12)
- (6) 宮本慶巳: 電試彙 3, 1 (昭 4)
- (7) 榎崎 治, 宮本慶巳, 越智雄吉: 電試研 308 (昭 10)
- (8) 宮本慶巳: 電試研 389 (昭 11)
- (9) 宮本慶巳: Arch. f. Elek. B. 31, Ht 6 (1937)
- (10) 宮本慶巳: 電試彙 1, 8 (昭 12)
- (11) 宮本慶巳: 電試彙 2, 1 (昭 13)
- (12) 中西勝治: 電試研 239 (昭 3)
- (13) 中西勝治: 電試研 327 (昭 7)
- (14) 中西勝治: 電試研 338 (昭 7)
- (15) 中西勝治: 電學誌 56, 577 (昭 11)
- (16) 中西勝治: 電試研 392 (昭 11); 中西勝治: 電學誌 56, 578 (昭 11)
- (17) 中西勝治: 電學誌 54, 551 (昭 9)
- (18) 小幡彦一: 電試研 202 (昭 2)
- (19) 小幡彦一, 中西徳長: 電試研 204 (昭 2)
- (20) Hikoichi Obata: 電試研 204 (昭 2)
- (21) 廣部徳三郎, 久保 進: 電試研 3 部 18 (大 3)
- (22) 松浦二郎: 電試研 98 (大 10)
- (23) 別宮貞俊: 電學誌 352, 941 (大 6)
- (24) 新宮行太, 庄司七三郎: 電試研 252 (昭 4)
- (25) 新宮行太, 庄司七三郎: 電試研 344 (昭 8)
- (26) 新宮行太, 庄司七三郎, 中野隆雄: 第 2 回工學會大會豫稿 (昭 7)
- (27) 新宮行太: 電試調 12 (大 14)
- (28) 別宮貞俊, 新宮行太: 聯合大會豫稿 207 (昭 5)
- (29) 新宮行太, 庄司七三郎, 中野隆雄: 第 2 回工學會大會豫稿 (昭 7)
- (30) 新宮行太, 庄司七三郎, 中野隆雄: 電學誌 (昭 10)
- (31) 宮本慶巳: 電試彙 2, 4, 202 (昭 13)
- (32) 宮本慶巳: 電試彙 3, 9, 527 (昭 14)
- (33) 送電打合會, 超高壓資料 No. 9 (昭 14)
- (34) 廣部徳三郎, 小川若三郎, 久保 進: 電試研 25 (大 5)
- (35) 澁澤元治, 小川若三郎, 鳥山四男: 電試研 62 (大 6)
- (36) 相川孝雄: 電試調 19 (大 14)
- (37) 相川孝雄: 電試調 46 (昭 2)
- (38) 六角英通, 相川孝雄: 電評 21, 9~10 (昭 8)
- (39) 相川孝雄: 電試研 113 (昭 12)
- (40) 澁澤元治, 密田良太郎, 橋村正治: 電試研 74 (大 7)

- (41) 密田良太郎: 電學誌 360 (大 8)
- (42) 榎崎 治, 相川孝雄: 電試研 186 (大 15)
- (43) 六角英通, 新宮行太, 庄司七三郎: オーム (昭 11)
- (44) 六角英通, 新宮行太, 庄司七三郎: 電試彙 3, 1 (昭 14)
- (45) 榎崎 治, 土手圭治: 電試研 158 (大 14)
- (46) 新宮行太, 庄司七三郎: 電試研 252 (昭 4)
- (47) 新宮行太, 庄司七三郎: 電試研 293 (昭 5)
- (48) 新宮行太, 庄司七三郎: 電試研 344 (昭 8)
- (49) 別宮貞俊, 丹野 治: 電試研 99 (大 10)
- (50) 別宮貞俊, 丹野 治: 電學誌 263 (大 14); 電學誌 254 (大 12)
- (51) 丹野 治: 電學誌 262 (大 12)
- (52) 別宮貞俊, 榎崎 治: 電試研 249 (昭 4)
- (53) 榎崎 治, 宮本慶巳: 大會豫稿 (昭 7)
- (54) 榎崎 治, 宮本慶巳: 大會豫稿 (昭 8)

第 4 節 配電用器具及び配電技術

1. 緒 言

由來電氣試験所第三部に於ける研究は、本邦電力技術界の情勢に對應して送電方面に重點がおかれて來たけれども、これに當然關聯して配電技術に就いても各方面に對し指導的役割を演じたことが尠くない。問題の性質上、必要に應じて種々の具體的な事項を解決して貴重な貢獻をしながら必ずしも印刷物として刊行されないものが多く、研究又は調査報告として茲に引用し得るものゝ比較的少數なのは残念なことである。

2. 配電用器具

所謂「配電用器具」の中には可熔器、開閉器、點滅器及び接續器が包含されてゐるが、前二者に就いては別章に於て述べるので此處には省くこととする。

(1) 昭和 9 年以前 緒て、この方面の研究として、先づ昭和 5 年堀岡正家氏、橋本清隆氏は電球用ソケットの特性を調査報告として發表してゐる⁽¹⁾。これは當時資料文献なく、その品位に對して何の規準もなかつた各種ソケットの特性を究明して標準を定めることを目的として行はれたもので、特に型造絶縁物製ソケットに就いてその使用状態の温度上昇を明らかにし、高温度に於けるその軟化程度及び絶縁抵抗低下の状況を究め、更に金屬及び磁器製ソケットに就いても調査を進め、ソケットの試験方法の基礎となるべき諸資料を提供したもので、當時の斯界を益したるは固より、後述の如く昭和 10 年施行された電氣用品型式承認の試験方法を定めるに當つて有力な根據を與へたものである。

降つて昭和 9 年大山松次郎氏(東大教授)及び川崎五郎氏によつて「屋内電氣事故の統計

的調査⁽²⁾が発表された。かねて屋内電気施設の普及發達に伴つて、これに基因する事故の漸く多きに鑑み、大正 12 年即ち關東大震災の年より昭和 7 年に至る 10 年間に東京市内及びその近郊に發生したる事故總計 508 件に就いてその原因を追及し、これを分類して詳細に考察を加へたものであつて、極めて雜然としてゐたこの方面に貴重なる資料を與へ、且この種事故の防止にとるべき方策を示唆するところ多大なる報告である。

(2) 電気用品取締規則施行後 然るところ、昭和 10 年逓信省令第 30 號を以て電気用品取締規則の施行を見、電気試験所はその適用品目 11 種の型式試験を掌ることゝなつた。配電用器具は勿論この中に含まれてゐる。而して型式試験の施行によつて當時に於ける配電用器具の定格、構造寸法、性能等に就いて何等の統一なく、既に二、三制定公布されて居つた日本電気工藝委員會標準規程なども全然遵守されて居らず、すべてが全く製造業者の自由競争と使用者側の勝手なる要求のまゝに放任せられた混沌たる状態にあることが明らかにせられた。依つて電気試験所としてはこれが統一整理に指導的役割をなすべきであるとして、各種の用品に就いて現状の調査が進められた。他方昭和 12 年物發せる支那事變、その後發生せる世界の動亂に因る資材の不足は配電用器具にまでも波及し、許し得べき範圍に於て代用資材を採用し、或は可及的重要資材の寸法を切りつめて所謂格上をなすことが製造業者に強要せらるゝに至り、従つて斯界全體の重要問題として論議せらるゝ情勢となつた。これ等も亦當所として業界に先んじて方向を指示すべき事項であるので、日常多忙なる型式承認事務と並行してその研究調査に當つて來た。

かくて今日までに取纏められた主なるものを紹介しておく。先づ昭和 14 年頃最も問題となつたのは電球口金用銅の配給が停止されたことである。當時各業者に於て口金としてアルミ、鐵、磁器製等種々考案されたが、その実績を當所にて擔當せるソケットと組合せて試験すべきことを委囑せられ、實驗室内及び諸種の條件の實地使用場所に於て試験した結果を報告し、一般製造者及び使用者の有力なる參考資料とした⁽³⁾。

次に双型開閉器の格上を考究した。従來型式試験の結果に徴して双型開閉器の定格に著しき餘裕あることを感じて居つた折柄、銅の節約強行の限度を求むる目的を以て凡ゆる場合に對する詳細なる試験を行ひ、現行定格のものは一段づゝ定格電流値を上げ得るといふ重要な結論が佐藤一郎、本田駒三、森田重三の 3 氏によつて發表されたのであるが⁽⁴⁾、これ亦斯界の指導方針として着々この方向に向ひつゝあることを附記しておきたい。

挿込型接続器に關する調査は古く昭和 13 年秋林谷集氏が在職中より着手せられ、當時の斯界の雜然たる状況を明らかにするところあつたが、同氏退職の爲公表に至らなかつたところ、昭和 15 年工藝委員會に設けられた配線用器具委員會にてこれが標準を制定するこ

とゝなり、この調査は極めて重要な役割を遂げた。同委員會に提出せる資料の一部は取敢へず佐藤一郎、林谷集兩氏の名によつて發表されたが⁽⁵⁾、全般に亘つては目下猶整理進捗中である。

(3) 規格統一への努力 型式承認試験擔當者としてかねて痛感せるは規格統一の必要である。これによつてのみ現下の亂雜なる配電用器具を整理し、性能を向上し、ひいては諸方面の能率向上が期待せられる。このことは事變物發以來諸産業の活動愈々激化し、しかも資材逼迫の脅威を受けつゝある今日、益々痛切に感ぜられるのである。佐藤一郎氏、本田駒三氏は配電用器具の現状を調査し、その概要を報告するところあつたが、これは今後電気試験所に於ける配電用器具關係の研究調査が規格統一を重要な目標として施行さるべき第一歩をなすものである。

3. 配電方式

最近電力が諸産業の原動力として特に必須のものとして重視せらるゝに至り、配電方式、配電器具等、配電技術に關する研究はその促進方を痛感せられてゐる。

當所に於ては本問題に關して電気協同研究會の配電方式専門委員會等を通じて業者と協力し技術の向上指導に與つて來たが、今後は防空關係をも考慮して研究の擴充を行ふべく着々努力してゐる。

交流配電網による配電方式に關して堀岡正家氏指導の下に川崎五郎氏は海外の實情を調査して詳細検討を加へ、昭和 14 年 6 月調査報告を發表した⁽⁷⁾。

文 献

- (1) 堀岡正家、橋本清隆：電試調 66 (昭 5)
- (2) 大山松次郎、川崎五郎：電試調 98 (昭 9)
- (3) 佐藤一郎、本田駒三：照學誌 23, 533 (昭 14)；電試堂 4, 2, 167 (昭 15)
- (4) 佐藤一郎、本田駒三、森田重三：電試堂 4, 3, 301 (昭 15)；照學誌 24, 307 (昭 15)
- (5) 佐藤一郎、林谷集：照學誌 24, 303 (昭 15)
- (6) 佐藤一郎、本田駒三：照學誌 25 (昭 16)
- (7) 川崎五郎：電試調 115 (昭 14)

第 5 節 電線及びケーブル等

1. 緒 言

電力ケーブルにありてはその使用目的が従來の單なる都市美を考慮せる時代から次第に變遷し、架空送配電に依る場合の危険、不利、進んでは航空路の發達及び防空等に對しても考慮を要するに至り、地中送配電は現在に於ては一層必要且重要な存在となつた。電壓

も次第に高きものが要求せらるゝやうになり、従つてこれに關聯する研究は單にケーブル自體のみならず附隨した多くの問題があり、これ等の問題については従來から多くの研究がなされてゐるが猶殘された重要な研究問題がある。當地中送配電に於ては重要物資例へば銅、バルブ、鉛、油その他鋼等が使用せられてゐるが近來資材節約の點から代用材料の使用とこれに關聯して生ずる諸問題の解決が必要であり、現在の時局に於ては特にこの研究は急且重要である。

電線類に於ても、電氣の利用範圍が増大するに伴ひ、送配電用のものから器具用に至るまで種類甚だ多くこれ等については各々改良研究が進められてゐるが、特殊性能のものゝ要求も相當に多く、又代用材料使用に關しては電線として使用するゝ銅を始めその他の重要資材不足に鑑みその研究は前記電力ケーブルに於けると同様に最も重要な事項である。

2. 歴史的經過

(1) 所外に於ける一般研究 電力ケーブルはその最も缺點とする點の改良により、油浸紙絶縁ケーブルの先驅たる所謂ソリッド型の域を脱し、特殊型の出現によつて急速の進歩をなしたのであるが、ソリッド型ケーブル全盛時代に於ける國の内外を問はず一般の研究問題を調べると取扱者の保安とか鉛被の電觸等の點から鉛被に於ける誘導電壓に關する研究延いては鉛被損失の抑減と關聯してこれがボンディング法の研究がなされてゐる。電力ケーブルの電流容量に關しては相當古くから各國に於て研究調査が行はれてゐる。ケーブルの絶縁體に關しては高電壓電橋の出現により高電壓に於ける損失特性による研究が盛んとなり一段の進歩を見た。これによつてケーブルの劣化原因探究の結果、ケーブル劣化の致命的原因たる空隙形成に對する對策として OF 型、H 型、SL 型及びブレッシャ型ケーブル等の出現を見たのであるが、これ等の中最後のブレッシャ型は未だ實用時代にまでは入つて居らない。現在 50 kV 程度以上のケーブルにありては概ね OF 型が使用されてゐる。

特殊型ケーブルの出現によつてケーブル界は一段の進歩發達を見たが、ケーブル自體としてこれが持つ缺點に對しては以上の様な研究の結果、現在の構造に於ては最早大なる改良の餘地なき迄に到達したかの感がある。従つてその後は使用材料の研究が専ら行はれる傾向にある。即ち絶縁紙についてこれに包含するゝ不純物の除去、又含浸用油に於けるガスの發生ワックスの成生等を防止する方法として飽和炭化水素に代るに不飽和炭化水素を使用し、これに少量の Aromatic material を加へる等の處理によつて電氣的化學的に安定なものを得ることが研究されてゐる。

最近に至つては導體として銅に代るにアルミニウムを以てすること、鉛被の代用品、そ

の他非常時に於ける接續部の應急修理對策等が問題になつてゐる。布設後のケーブルルートに對しては、これが架空送配電線と接續される場合のサーチの問題、又地中線の電壓及び互長増大に伴ひ交流試験に代る直流耐電壓試験に關し等價交直流電壓比に關する問題が取扱はれてゐる。

一般電力用絶縁電線に關しても電流容量の問題は古くから廣範圍に試験研究が行はれてゐる。特殊性能用のものとして高電壓用ゴム線に於けるオゾンカット、人造ゴムの問題その他耐油、耐酸、耐燃の如き特殊性能の電線の要求に對應して研究がなされてゐるが、最近資材の關係上代用材料を使用する場合の問題が主として取扱はれる様になつた。

(2) 電氣試験所に於ける研究 電氣試験所に於ては、大正初年度頃から絶縁電線及び電力用ケーブルの電流容量について研究が行はれ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾、前者にあつては最高許容溫度の決定に關聯して溫度上昇と被覆物の劣化について研究がなされた。又後者にあつては地中にケーブルが埋設されてゐる場合について、その溫度分布及び溫度上昇等につき電流容量の求め方を明らかにしてある。我が國に於ける絶縁電線の安全電流規定の根據はこの時代の實驗研究結果が基にされてゐる⁽³⁾。大正末期に至つて第三部としては鋼心アルミ線について研究がなされたのである⁽⁴⁾が、關東大震火災により一時試験研究中止の已むなきに至つてゐる。

昭和年代に入つてからは、電力ケーブル及びこれが材料の性能について幾多の實驗研究が行はれた^{(5)~(8)}。當時當所に於ても高電壓電橋が設備せられ、電力ケーブルの性能が明らかにされ、これは標準規格制定の參考資料ともなつた。これに引續いて電力ケーブルに對する電流容量が問題となり、昭和4年頃より 22 kV ケーブル 16 條を本式に地中に埋設し、溫度上昇の模様、溫度分布、熱の流れについて夏冬2回に亘り大規模の實驗を行つた⁽⁹⁾⁽¹⁷⁾。一方本邦ケーブルの事故調査を開始し、ケーブルの最高許容溫度及び電流容量決定に對する指針を與へた。

埋設した場合の直流試験については、各國に於ても報告されてゐるが、我が國に於ても材料とケーブルについて實驗が行はれ、所謂交直流電壓比が明示されてゐる。

昭和10年に至り、大正末期より昭和初年度に亘り布設されたケーブルの故障頻發する向あるにより、事故による被害を最小限度に止むると共に停電防止等を考慮するため故障豫知方法なきやの問題につき研究を開始し、當時の電氣事故防止協同研究會と連繫の下に實驗を行ひ好結果が得られ、これを現場に適用したところ幾多の良實績を示した⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。これについては尙不充分なる點の研究を續行すると共に、現場に於ては當時 22 kV ケーブルのみに對して行ひしものを高電壓及び再用ケーブルにまで適用して好成績を擧げてゐる。

ケーブルの使用電圧が増大するに伴い、送電線とこれが直結される機会も多くなり従つてサージの問題が生じ、これも電気事故防止協同研究会と連絡の下に実験が爲された⁽¹⁴⁾。

ケーブル絶縁材料の向上に関しては廣く海外に於ける研究の外當所に於ても電解透析處理による絶縁紙の改良等につき研究が⁽¹⁶⁾なされてゐる。

昭和年代に於ける絶縁電線に関しては一般コード及び特殊電線例へばネオン電線⁽¹²⁾、キャブタイヤケーブル及び同コード⁽²²⁾、難燃性電線⁽²⁴⁾について種々の実験調査がなされ、これ等は本邦製品に対する向上の指針たると共に標準規格制定に大いに役立つてゐる。

昭和 12 年以後に於ては銅鐵等使用材料の節約と云ふ見地より各種のものについて研究實驗を行ひ今日に至つてゐる。即ち、従來ケーブル 31 入用ダクトとして鐵筋コンクリート管が使用されてゐたのであるがこれを單にコンクリートパイプとした場合の熱放散の減少度、接続等に關する問題⁽¹³⁾、アルミニウム線を銅の代用として使用する場合に生ずる問題⁽¹⁸⁾⁽²³⁾、銅節約の間接方法として配電線の電圧を高上する場合の問題⁽¹⁹⁾等である。

2. 結 言

要之今後の電線ケーブルに於ける研究としては、高度國防國家建設の趣旨により、重要物資の節減、代用材料の問題、及びこれを使用するに際し自ら生じて來る諸問題の研究、並に非常時に於ける送配電の確保に對する應急對策の研究等に主眼點を置く可きものと考へられる。

電気試験所に於ても上記の心構へを以て研究を進めつゝある。

文 献

- (1) 廣部徳三郎：電試研 12 (大 1)
- (2) 松本眞雄：電試研 24 (大 5)
- (3) 松本眞雄：電試研 66 (大 7)
- (4) 堀岡正家：電試研 118 (大 11)
- (5) 堀岡正家、高林丑彌：電試研 227 (昭 5)
- (6) 堀岡正家、菊池省一：電試研 278 (昭 5)
- (7) 高林丑彌、庄司徳郎：電試調 68 (昭 5)
- (8) 堀岡正家、高林丑彌、庄司徳郎：電試研 321 (昭 6)
- (9) 菊池省一：電試調 82 (昭 6)
- (10) 高林丑彌、庄司徳郎：電試研 358 (昭 8)
- (11) 堀岡正家、菊池省一：電試彙 1, 5, 222 (昭 12)
- (12) 堀岡正家、菊池省一：電試彙 1, 5 (昭 12)
- (13) 菊池省一：電試彙 2, 1, 9 (昭 13)
- (14) 只野文哉：電試彙 2, 3, 143 (昭 13)
- (15) 相川孝雄、林 濱雄：電試調 109 (昭 13)
- (16) 駒形作次、比留間光一、菊池省一：電試研 418 (昭 13)

- (17) 菊池省一：電試研 423 (昭 13)
- (18) 堀岡正家、菊池省一：電試彙 2, 10, 624 (昭 13)
- (19) 菊池省一、三島松夫：電試彙 2, 12, 801 (昭 13)
- (20) 菊池省一、三島松夫、野村幸三郎：電試彙 3, 11, 688 (昭 14)
- (21) 菊池省一：電試調 113 (昭 14)
- (22) 相川孝雄、勝間田薫：電試調 114 (昭 14)
- (23) 相川孝雄、勝間田薫：電試彙 3, 8 (昭 14)
- (24) 相川孝雄、井手圭一：電試彙 5, 5, 39 (昭 16)

第 6 節 發電機及びその他の電力機器

1. 電気機器の標準事項に關する研究

電気機器の標準事項の決定は、技術の統一促進と密接な關係を有する問題であるが、當所に於てはその重要性に鑑みて、早くよりこれが技術的研究をなし來つた。

電気機器の定格に關して古く密田良太郎氏は明治 45 年 4 月電気學會講演に於て研究發表⁽¹⁾してゐる。又當所は標準規程の制定に對して電気工藝委員會、電気協會、その他の外部關係機關と緊密なる連繫を保ち、密田良太郎氏、笠井完氏、堀岡正家氏、高橋正一氏等は長期に亘りて、工藝委員會の電力機器に對する各種の委員會の幹事又は委員として、規格の制定に努力した。周知の如く電気機器の定格を定むるに當り最も重要な事項の一つはその溫度である。溫度上昇限度の標準を決定するには周圍溫度の基準が問題となるが、昭和 13 年非常時局に於て、銅及び鐵の節約を計るため、溫度上昇限度が再検討せられた際高橋正一、間野彦市兩氏は本邦各地の氣温を調査し⁽²⁾、平均最高氣温は 35°C 程度なることを明らかにした。これは電気機器の溫度に關する暫定標準規程に於て、周圍溫度の標準に 35°C を採用する有力な一根據となつた。

電壓變動率も定格に關聯する主要事項の一つである。交流發電機の電壓變動率に關し、吉田五郎氏は研究の結果一算定法を提案した⁽³⁾。これは同期機標準規程に參考資料として採録せる如く、發電機の凸極性を考慮し、且磁氣飽和の影響を取入れたもので、大容量發電機に就いても力率の廣範圍に亘つて實測値と一致する結果を得ることが確められた。

又星野豊秋氏は農事用電動機の施設費を電動機出力、配電方式、線路互長に對し調査比較を試みた⁽⁴⁾。更に高橋正一、山本源次兩氏は小型三相誘導電動機の農事用として見た特性を調査した⁽⁵⁾。尙内山武俊、一瀬重嗣兩氏は 1 kW 以下の小型單相電動機出力の定格値に就いて調査し、これが標準化の必要性を強調した⁽⁶⁾。

2. 交流發電機の短絡現象に關する研究

交流發電機の短絡現象は理論的にも興味深く、又實際問題としても、短絡電流による機械的障害、遮断器の遮断容量、誘導障害、送電系統の安定度等に關聯し、重要な問題として種々研究された。

昭和7年3月電氣學會専門講習會に於て、高橋正一氏は全般的に短絡現象及びその他の問題に就いて、同期機の理論を詳細に述べてゐる⁽⁷⁾。

短絡現象の研究、その他種々の研究に有力な基礎となつたのは、これに先立つて行はれた對稱座標法に關する研究である。當所に於けるこの研究が指導的位置にあつたことに就いては、大正14年11月別宮貞俊氏が電氣學會講演⁽⁸⁾に於て事情を發表してゐる。別宮貞俊氏は對稱座標法の利點を強調し、これに關する解説を内外に發表した。又機器に關しては、不平衡電壓の下に於ける同期電動機の電流、並に機械的勢力を求める問題にこれを應用して、他の方法と比較對照した⁽⁹⁾。更に不平衡インピーダンスを通して並列に接続された交流發電機の同期化力の検討に應用して、安定運轉に對する並行送電線の摺架方法の影響を明らかにする等⁽¹⁰⁾、對稱座標法による研究の著しい發展を遂げしむるに至つた。

短絡現象に關する問題の一つは持続短絡電流の性質等を究明することである。これに對しては、對稱座標法による三相交流發電機の基本式により、永久短絡電流等が容易に算定せられるに至つた。次いで研究の重點は短絡過渡現象に向けられた。杉浦讓治氏は發電機短絡電流の最大値及び時定數を求むる近似解法を發表した⁽¹¹⁾。別宮貞俊氏は交流發電機を對稱三相機として取扱ひ、電壓、電流の微分方程式に適當な變換を行つて基本方程式を誘導し、Heaviside氏の展開定理をこれに適用し、且適當な電流分布を重疊して突發短絡電流の解を求めた。同氏は昭和2年6月研究報告第203號⁽¹²⁾その他に三相短絡、線間短絡、單相短絡の過渡現象に就いて研究せる結果を發表し、短絡電流には持続短絡電流の外に、過渡交流分及び過渡直流分を含むこと、又實驗結果が計算値とも良く一致することを明らかにした。これにより、非凸極機に關しては殆ど完全に近い理論が得られるに至つた。

又別宮貞俊、土手奎治、漆畑松次郎の3氏は對稱座標法に於ける零相、逆相インピーダンスの測定方法を研究發表した⁽¹³⁾。これは永久短絡電流の算定、或は不平衡負荷に對する發電機の特性的検討等、實際問題に對稱座標法を適用する方法を明らかにしたもので、一層理論の普及發展を促す基となつた。更に別宮貞俊、漆畑松次郎兩氏は各種インピーダンスの物理的意義を明らかにし、リアクタンス相互の關係に就き、過渡リアクタンスは、電機子及び界磁が抵抗を有せざる場合逆相リアクタンスに等しく、又電機子及び界磁漏洩リアクタンスの和に略等しい等の關係を究明した⁽¹⁴⁾。

凸極機は便宜的に等價對稱三相發電機としても取扱はれるが、別宮貞俊氏は、凸極によ

り發電機の各相の自己及び相互インダクタンスが2倍の周波數で脈動すると云ふ考へを入れた微分方程式⁽¹⁵⁾を導出した。又漆畑松次郎氏はこれを突發短絡電流の算出に適用した結果⁽¹⁶⁾を發表した。

これ等の理論は實驗結果とも對照研究された。尙進んで東京電燈猪苗代系の各發電所、及び澁川、金井發電所の發電機及び鳩ヶ谷變電所の調相機の短絡試験を行つた。その結果これ等凸極界磁の大容量機に對しても、實用上は等價對稱機としての計算で、實際の過渡電流と相當良く一致した結果を得ることが確められた。⁽¹⁷⁾

又吉田五郎氏は故障電流を制限し、或は系統の安定度を大ならしむるため、凸極界磁型に對し、別個に設けた界磁巻線に蓄電器を接続して著しく同期機の逆相インピーダンスを増大せしむる方法を考案した⁽¹⁸⁾。

3. 交流發電機の自己勵磁現象に關する研究

交流發電機の自己勵磁現象は、我が國では大正3年猪苗代第一發電所にて11萬ボルト送電線の試験の際初めて經驗せられた。その後15萬ボルト送電線が盛に建設されるに及び、送電線の充電電流が益々増大した。従つて交流發電機の充電容量、容量負荷に對する特性等を正確に決定することが交流發電機の設計並に選定上、極めて切實な問題となるに至つた。

高橋正一氏はこれが理論的研究並に送電線の實地試験により、我が國に於ける長距離高電壓送電線の充電問題に對する決定的な基準を確立した。同氏は自己勵磁を起す限界が、變壓器等を含む送電線の充電特性曲線並に電機子進電流によつて勵磁される發電機の飽和曲線の相互關係により定まることを明らかにした⁽¹⁹⁾。又兩特性を不平衡容量負荷に對しても圖式的に精確に決定する方法を研究發表した⁽²⁰⁾。更に技術上極めて必要な事項として、自己勵磁による電壓上昇に要する時間が、上記兩特性曲線に挟まる面積に略逆比例し界磁回路の全抵抗に逆比例することを理論的に結論し、作圖によりこの時間を求むる方法をも發表した⁽²¹⁾。更に又昭和8年8月研究報告第350號⁽²²⁾に於て同氏は、一般的に對稱三相機に就いて、容量負荷に對する過渡電流の解を求め、特にその周波數及び減衰率の性質を詳細に検討して、その際發生する3種の過渡電流の中で、一つが容量負荷の或る範圍で増大自由振動を起すこと、即ち自己勵磁を起すこと、その周波數が回轉周波數より少し低いこと等を明らかにした。又凸極機に對しても等價對稱三相機として取扱ひ、發電機回路に負抵抗を考慮する方法により、自己勵磁の周波數が回轉周波數と一致する場合もある實驗的事實の説明をも與へた。

上記の理論は實驗的研究並に實地試験により結果が良く一致することが確められた。實

地試験の結果として⁽¹⁹⁾⁽²³⁾、讀書、中津川第一、龍島、柳河原各発電所の発電機の電機子進電流により勵磁される飽和特性曲線の實例も發表された。又自己勵磁現象に關聯して、界磁の逆勵磁によつてこれを防止せんとする問題に對しては、圖示的解法によりその限度が明らかにされた⁽¹⁹⁾。

尙、自己勵磁現象は又不減衰電氣振動とも名づけられて、別宮貞俊、後藤以紀、漆畑松次郎の3氏により對稱三相發電機に就いて昭和3年5月發表⁽²⁴⁾せられ、過渡電流の減衰率が負となり得ること、及び夫々限界のあることが論ぜられた。又漆畑松次郎氏は凸極機に關しても研究を進めた⁽²⁵⁾。

4. 回轉機の微分方程式に關する研究

電氣機器の定態時の特性のみならず、過渡時の特性をも明らかにし、機器動作の正確な判斷を下すため、通常の電氣回路と同様に、機器定數を含む電壓、電流の基本微分方程式を以て電氣機器を表すことが研究された。

交流發電機の基本方程式により、短絡現象、自己勵磁現象が理論的に解決されたことは前記の通りである。更に一般的な固定子 n 相、回轉子 m 相の多相廻轉機の基本方程式⁽²⁶⁾が昭和6年高橋正一氏により研究發表された。

又、高橋正一、櫻井新一郎兩氏は整流子機に對する方程式の研究を開拓し、周波數變換機⁽²⁷⁾及び整流子型多相機の微分方程式⁽²⁸⁾を決定した。これは二次勵磁を有する非同期回轉機の固有振動、短絡現象の解法等に應用された。

5. 非同期機に關する研究

非同期進相機として世界の記録製品である30,000 kVA進相機が、昭和3年我が國にて製作使用された當時は、二次勵磁を有する非同期機の特性に就いて充分明確にはなつてゐなかつた。これに對して高橋正一、櫻井新一郎兩氏は⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾、固有振動が特に非同期進相機が進電流を線路より取れる際、急に系統回路から装置を遮斷せる場合に自己勵磁現象として現れ、又非同期發電機の一次側に他の同期機が並列に存せざる如き回路條件の時に發生すること、又短絡過渡電流が時間と共に増大して機械に衝動を與へる事實並にその理論的研究結果をも發表した。これ等は非同期進相機の諸問題を解決したもので、その發達を促す基となつた。

又、新しい方式として、電線路に直列に二次勵磁を有する非同期機を挿入して線路リアクタンスを補償する直列型非同期調相機が高橋正一、櫻井新一郎兩氏によつて研究された⁽³¹⁾。

6. 機器一般に關する研究

電氣機器の各方面に涉つて種々研究が行はれ、又實際問題の解決に貢獻する所少くなかつたが、以下簡單にこれに就いて記す。

交流發電機の發電子反作用が波形に及ぼす影響に關して、別宮貞俊氏は發電子溝の影響を閑却した場合に就いて論じた⁽³²⁾。又直流發電機端子電壓の脈動に關し、高橋正一、藤新太郎兩氏は脈動の種類及びその發生原因並にこれが防止方法の研究⁽³³⁾を行つた。

同期調相機に關して、堀岡正家氏は定電壓送電に於て送電線の定數と關連して最大出力を得べき調相機容量等の理論的研究⁽³⁴⁾を行つた。

又昭和8年鬼怒川送電系統が、25サイクルより50サイクルに周波數變更を行ひたる際、東京變電所に設備すべき調相機容量の決定に對し、吉田五郎氏は安定度等の見地より研究し⁽³⁵⁾、その結果が有力な資料となり、15,000 kVA調相機2臺が設置された。

又50サイクル、60サイクル兩用發電機に於て、千鳥星形接續を用ひた場合の能率、インピーダンス等が高橋正一氏により検討された⁽²⁵⁾。

電動機の起動時間に關しては圖式的解法が丹羽保次郎氏により提案された⁽³⁶⁾。

又小型三相誘導電動機と蓄電器を組合せた場合の單相運轉特性に關し、宮本慶己、天野嘉一兩氏が研究を行つた⁽³⁷⁾。

尙電子工學が發達するに及んで電子機器が種々研究され、從來の電磁的機器との組合せ或は新しい應用も考案されるに至つた。その詳細は別記格子制御放電管に關する項に譲りここには一例を擧ぐるに止める。送電系統の過渡安定度を増加せしむるため、グリッド入蒸氣放電管を使用した超速勵磁方式⁽³⁸⁾の如く、送電系統の故障に際し同期機相差角の振動を制限する爲、勵磁電流を急速に増加せしむるやう電子管のグリッド制御を有効に利用した方式が考案研究され、實驗的に極めて良好な動作をなすことが發表された。

文 献

- (1) 密田良太郎：電學誌 32, 289, 787 (大 1)
- (2) 高橋正一、間野彦市：電試堂 3, 3, 166 (昭 14)
- (3) 吉田五郎：電學誌 54, 550, 354 (昭 9)
- (4) 星野豊秋：電試堂 2, 4, 227 (昭 13)
- (5) 高橋正一、山本源次：電試調 116 (昭 14)
- (6) 内山武俊、一瀬重嗣：電試堂 4, 9, 688 (昭 15)
- (7) 高橋正一：電氣學會専門講習會 (昭 7)
- (8) 別宮貞俊：電學誌 45, 448, 941 (大 14)
- (9) 別宮貞俊：電試研 93 (大 10)
- (10) 別宮貞俊：電試研 138 (大 13)

- (11) 杉浦謙治：電學誌 46, 450, 78 (大 15)
- (12) 別宮貞俊：電試研 203 (昭 2)
- (13) 別宮貞俊，土手幸治，漆畑松次郎：電學誌 47, 469, 805 (昭 2)；電試研 170 (大 15)；電學誌 46, 455, 585 (大 15)
- (14) 別宮貞俊，漆畑松次郎：電學誌 48, 480, 704 (昭 3)
- (15) 別宮貞俊：電學誌 49, 486, 123 (昭 4)
- (16) 漆畑松次郎：大會豫稿 (昭 7)
- (17) 漆畑松次郎，山田莊治郎：電學誌 49, 486, 103 (昭 4)
- (18) 吉田五郎：特許 109891 (昭 10)
- (19) 高橋正一：電試研 155 (大 14)
- (20) 高橋正一：電學誌 45, 446, 788 (大 14)
- (21) 高橋正一：電學誌 51, 513, 188 (昭 6)
- (22) 高橋正一：電試研 350 (昭 8)
- (23) 高橋正一：電學誌 48, 480, 740 (昭 3)
- (24) 別宮貞俊，後藤以紀，漆畑松次郎：大會豫稿 (昭 3)
- (25) 漆畑松次郎：大會豫稿 (昭 7)
- (26) 高橋正一：電學誌 51, 510, 14 (昭 6)
- (27) 高橋正一，櫻井新一郎：電學誌 50, 504, 758 (昭 7)
- (28) 高橋正一，櫻井新一郎：電學誌 52, 522, 40 (昭 7)
- (29) 高橋正一，櫻井新一郎：大會豫稿 (昭 5)
- (30) 高橋正一，櫻井新一郎：大會豫稿 (昭 6)
- (31) 高橋正一，櫻井新一郎：大會豫稿 (昭 7)
- (32) 別宮貞俊：電試研 94 (大 10)
- (33) 高橋正一，藤新太郎：電試研 180 (大 15)
- (34) 堀岡正家，電試研 15 (大 13)
- (35) 吉田五郎：電學誌 53, 545, 1080 (昭 8)
- (36) 丹羽保次郎：電學誌 40, 380, 195 (大 9)
- (37) 宮本慶巳，天野嘉一：電試堂 4, 12, 823 (昭 15)
- (38) 高橋正一，吉田五郎，加賀美武男：大會豫稿 (昭 7)

第 7 節 遮斷器，開閉器及び可熔器

1. 沿革

電路保安装置として先づ考へられるものは可熔器，開閉器及び遮斷器等であるが，これ等の中でも最も早くから用ひられたものは簡単な可熔器である。従つて電氣試験所に於ける研究調査も大正 7 年頃⁽¹⁾のこの可熔器から始まつてゐる。

遮斷器，特に電力遮斷器の研究は，これより少し遅れて大正 8~9 年頃より漸く調査研究が始められた。第一次歐洲大戰は，我が國の工業勃興となり，電力の需要増加は送配電網の擴充聯繫を促し，爲に一個所に於ける接地，短絡等の故障電流著しく増大し，遮斷器

の事故も亦漸く増大するに至つたので，電氣試験所に於ては別宮貞俊及び堀岡正家兩氏によりこれを研究の重要項目として採り上げるに至つた。

可熔器の研究は工藤正平氏によつて鉛ヒューズの定格電流決定基準を求める事を對象としてなされた。その研究の結果に就いては電氣試験所研究報告第 67 號⁽²⁾として發表されてゐる。これは本邦に於ける可熔器類に關する最初の研究で，その定格電流決定の基準は電氣工作物規程中に盛られ，今日迄一般に廣く採用されてゐる。

電力遮斷器に關する調査研究の最初の成果は，堀岡正家氏の電氣試験所調査報告第 11 號として發表された⁽²⁾。本報告は遮斷器類に關する我が國最初の貴重なる資料である。尙本報告の續編として，その後昭和 2 年に電氣試験所調査報告第 37 號⁽³⁾として内山武俊氏による發表がある。前記調査報告第 11 號發表の傍ら高橋豊治氏補助のもとに研究設備もその緒についた。時，偶々關東大震災となり總てが烏有に歸した。越えて翌年の大正 13 年 4 月木挽町分室新築と共に堀岡正家氏専任内山武俊氏補助として調査研究の再出發となつた。爾來今日に至りその間の調査研究の概要は下記の通りであるが，昭和 14 年 7 月田無分室の落成と共に遮斷器研究の大部分は同所へ移された。

2. 國內に於ける概況

我が國に於て，電力遮斷器の實驗研究をするところとしては，電氣試験所より少し遅れて日立製作所があり，又電氣試験所と共同の下に昭和 3 年芝浦製作所に於て約 1,000 キロの交流發電機を短絡試験用として實驗するところがあつた⁽⁴⁾。昭和 9 年頃より東京帝大に於て，又昭和 11 年頃東京工大に於ても研究が始められた。短絡試験設備の大規模なものとしては昭和 9 年日立製作所に於て又昭和 14 年芝浦製作に於て，又小規模のものとしては同じく昭和 14 年住友電線製造所に於て，それぞれ完成してゐる。その他の製作所會社に於てもこれが設備の計畫もあつたが，支那事變勃發による資材難と各所に分立の弊を回避せんとする機運とに依つて一時行き悩みの状態となつた處，昭和 16 年春に至り關西地方の代表として漸く三菱電機會社大阪工場にこれが設置を許可されることゝなつた。

野外實驗の比較的大規模なものとしては，大正 15 年 7 月東電猪苗代第二發電所^{(5)~(6)}に於て電氣試験所が 6,666 kVA の發電機を 2 臺使用して遮斷器の遮斷試験をした。この試験には東大福田節雄氏も參加せられた。これは實に我が國に於て實際の發電機を使用した遮斷器試験の最初の試みであつて，周到の準備と細心の注意を以つて爲さるゝならば，實地試験と雖も豪も危險の伴はないものであるといふ貴重な示唆を與へた。更に昭和 3 年 7 月東電鳩ヶ谷變電所に於て日本電氣工藝委員會主唱のもとに電氣試験所が主體となつて

芝浦、日立、三菱の3社から提供された油入遮断器に就いて、同變電所の 25,000 kVA 同期進相機を用ひて遮断試験を行つた⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。これは今日迄に未だ嘗て見ざる大規模な実験であつて、當時としては全く劃期的なものであつた。

昭和 14 年頃より高電壓大電力遮断器の受入遮断試験が日立製作所及び芝浦製作所の各短絡試験設備を使用して行はれるやうになつた。これが動機は丁度その當時出来たばかりの交流遮断器新規程に刺戟された結果である。

3. 調査研究概要

遮断器の調査研究に關しては次の如く分けて考へることが便利である。即ち第一に特殊測定装置の考案試作、次に遮断現象の究明、電弧速滅機構の思索、改良、新型遮断器の試作、又既存遮断器の故障状況の實地調査、既設遮断器の遮断容量の補強対策、更に大型遮断器の試験方法、就中これが合理的並に經濟的方法の検討等である。

(1) 測定装置 上述の如く關東大震災により再出發することゝなつたが、所謂遮断器の電力遮断現象は周知の如く極めて瞬時の事柄に屬し、殊に従来の油入遮断器の如き油中に於ける遮断現象は常に電氣的のみならず、化學的機械的現象をも附隨する爲に、これが詳細なる究明には、先づ特殊なる諸測定装置を必要とした。

特殊測定装置類としては電弧勢力計、電弧長指示装置、電力オシログラフ、瞬時壓力測定装置、瓦斯量測定装置、回復電壓直視装置、多素子電磁オシログラフ及び多素子陰極線オシログラフ等がある。就中昭和 5 年に完成を見た瞬時壓力測定装置は常に油中に於ける瞬時壓力の測定に便なるのみならず、一般液中氣中の如何を問はず、機械的變位の測定に便なるものとして斯界に貢献した^{(8)~(10)}。又電弧長指示装置は一般遮断器に取付け容易に電弧時間を測定し得て保守上の便に資した⁽¹¹⁾。回復電壓直視装置は遮断器設置個所の回復電壓を直視するに便なるものにして遮断容量決定の重要資料を提供するものである⁽¹²⁾。多素子陰極線オシログラフは陽極遮孔分割方式⁽¹³⁾を實用化せるものにして、笠井完氏考案の靜電分割方式と共に操作上極めて簡便なものである。電磁オシログラフの國産化に就いては特に當時の密田良太郎氏の熱心な唱導によりこれを横河電氣製作所に試作を命じ、大正 9 年初めて國産の三素子型電磁オシログラフが出来た。その後これに幾多の改良を加へ、遮断器研究用として六素子型の試作を同製作所に命じ、大正 15 年 3 月出来た。これが國産六素子型の第 1 號とも云ふべきものである。尙これを 12 素子として使用する方も試みられた⁽¹⁴⁾。なほ餘談ながら後年これの第 2 號器が日立製作所の遮断器部に使用されるに至つたこと及び昭和 12 年上記三素子陰極線オシログラフの廻轉フィルム型の試作を

日立製作所の計器部が同社の遮断器部の私用品と共に、電氣試験所より受注したことは面白い因縁であると云へようか。

(2) 遮断現象 電力遮断器(主として油入遮断器)の遮断現象については、その理論全く確立せざる状態であつたが、前記の諸測定装置の使用により漸次これを明瞭ならしめることが出来た。特に電力遮断器に關する限りに於ては、可及的大なる電力を實際に遮断して見ることが最も緊要なる事柄で、實驗室内の資料並に上述の猪苗代發電所鳩ヶ谷變電所の兩實驗結果等から油中の電弧現象がその發生瞬時壓力との間に重要な關係のあることを究明し⁽⁶⁾⁽⁷⁾、從來主として Arton の直流電弧靜特性か唯一のものとして考へられたが、交流電力遮断器に於てはこれと全く別な動特性であること、而してそれが各種電弧状態によつて或は上昇特性となり、或は下降特性、その他となる場合に就き一々これを明示し遮断現象に對する觀念を一變するに至つた。爾來諸外國に於ても本説に追隨する傾向となつた。

又油中遮断に就き電壓、電流、力率、遮断速度及び直列遮断點數等と電弧長、電弧電壓、電弧勢力、電弧時間、油中發生壓力及び發生瓦斯量等との相互關係を明らかにし⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾、遮断器の設計根據を明確ならしめた。

開閉器油の性状に就いては從來かなり嚴密な考方が行はれてゐたが、種々實驗の結果極端に引火點の低くない限りに於ては従来の開閉器油變壓器油いづれを使用するも遮断性能には大差なきことを明確ならしめ⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹⁷⁾、油の資源少き我が國情として開閉器油の選擇、豫備貯藏の問題を著しく輕減した。本結果に基づき、開閉器油の標準仕様の改訂を見る筈である。

更に陰極線オシログラフ使用により、交流電弧消弧瞬時及び再發弧瞬時の電壓電流の過渡現象の關係を究明し⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾、下記遮断器等價試験方法並に電弧速滅機構の考案の貴重なる資料とならしめた。

(3) 消弧装置 大震災復興後前記測定装置の研究の傍ら、極めて小規模な電力設備ながら油中、水中、特殊液體中、氣中、或は水銀を媒介電極とする場合等の遮断性能の差異を検討した。これ等の試験結果に就いては設備の小規模であつたこと等の爲、遂に公表されるに至らず、且これが研究も中斷するの止むなきに至つたが、後年に至り歐洲に於て水遮断器(膨脹遮断器)、空氣吹付遮断器、負荷遮断器(消弧瓦斯發生劑を利用する)等の實用化されたものが出現したことは聊か皮肉の感なきを得ない。

(4) 故障調査 實地に於ける電力遮断器の事故状況の詳細な調査検討は貴重なる資料たるを以て、鋭意これが實情を調査すると共に全國に於ける故障状況を蒐集し、これを

統計的に集約或は解剖し屢次發表し^{(19)~(23)}、製作上並に保守運轉上の重要な資料たらしめた。

(5) **新型遮断器の試作** 前述の如く油中の遮断現象を究明する傍ら、空気吹付け、油吹付け、及び水遮断器等につき一應の比較試験を試みたが、これ等は當時既に或る程度市販品化されてゐたので、當時の密田良太郎氏の示唆により、電弧柱に固體絶縁物を強制介入してこれを消滅せしめる方法につき種々実験を行つた^{(15)(24)~(26)}。実験結果では前記の諸消弧方式に劣らぬ優秀な成績を示してゐるが、可動電極と可動消弧板との聯動機構の容易なものが一寸得られなかつたので、市販品にまで發展せしめる努力が中断された。次いで細隙型消弧方式が考案され、絶縁物間の細隙中にて電弧を發生せしめるときは極めて容易にこれを消滅せしめ得ることが確められた⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾。よつて氣中型遮断方式のものとしては、3,300 V 或は 6,600 V 級の負荷遮断器が先づ實地使用され、更により高電壓大電流のものへの發展が期待される。又本方式を低壓開閉器に適用することによつても著しくその開閉特性を改善し得るので或方面に多數用ひらるゝに至つた。本細隙型消弧方式を油中に適用するときには更にその消弧能力を増大せしめ得るので、油中型として 66 kV 級のものにまで實用化され、特に送電線率調整用蓄電器の遮断器として多數使用される傾向となつた。本方式の實用化が如何なる範圍にまで擴張されるかは、今後の研究に俟たねばならぬ。

(6) **可熔器** 鉛ヒューズの熔断時間特性に就いては前述の工藤新太郎氏の研究報告第 67 號がある。又タンダステン⁽²⁹⁾の如き高熔融點金屬の熔断特性に就いては調査報告第 110 號^{(29)~(31)}がある。

ヒューズによつて短絡電流を熔断することに就いては昭和 5 年頃から実験が始められた。當時可熔器としては油入型、藥液型、固形消弧筒型或は放出型等の外國技術によるものが 11 kV 級までの回路の一部に使用されてゐたに過ぎない。其處で東京帝大の澁澤元治、西健、福田義雄の諸氏によつて詳細な各種消弧劑の研究が行はれ、電氣試験所に於いても高壓回路に於ける熔断特性を調査し^{(32)~(34)}、夫々可熔器の貴重な資料たらしめた。

碍子型開閉器(ダルマスキッチ)は從來氣安め程度に 3,300 V 回路に用ひられてゐたに過ぎず、その事故は頻しいものであつた爲、電氣協會では昭和 6 年これが改良品を懸賞募集したが豫期の結果は得られなかつた模様である。依て東邦電力會社の申出によりこれが協同研究を行ふことになり、當時の市販品約 20 種類に就いてその性能を比較検討し一般の參考資料とすると共に^{(35)~(37)}、上記高壓回路に於けるヒューズの熔断特性の研究に基づき熔断特性並に開閉特性の優秀なものを考案試作し^{(38)~(40)}、廣く一般配電線に使用され

るに至つた。

(7) **等價試験** 遮断器の大容容量試験設備が本邦に於ても設備されるに至つたことは前述の通りであるが、その實負荷試験をなし得る範圍は現在の最高遮断容量を有する遮断器の定格の精々數分の一に過ぎない。一方遮断器の遮断容量は尙増大し行く傾向にある爲これが試験設備容量は經濟的にも技術的にも到底遮断容量に追付くことが出來ない實情に在る。依てこれが合理的な解決策の一つとして等價試験方法を案出し、昭和 11 年漸くその研究に着手した。爾來研究の結果^{(41)~(44)}その實用性を確認し得たので、更に既存の大容容量設備に適用すべく準備中である。

その方法は遮断器内の電弧エネルギーを供給する低壓の電流電源と、電弧電流零値瞬時に電極間の絶縁を脅威する再起電壓に相應する衝擊電壓を發生する衝擊電壓發生回路とを、適當な繼電回路を介して組合せたものである。即ち小規模な電流電源と衝擊電壓電源とを組合はせることによつて、尙大な短絡試験設備を用ひたと同等の効果を發揮せしめんとするものである。電流電源と電壓電源との組合せに當つて巧妙なる繼電回路を用ひたこと、電壓電源回路に一工夫を施した處に特に本方法を成功せしめた特長がある。勿論本方法と雖もこれを大規模に擴張した場合、及びその嚴密な意味での等價性といふことの問題に就いては、遮断器の遮断現象そのものにより、詳細な究明と並行して今後の研究に俟たねばならない。

文 献

- (1) 工藤正平：電試研 67 (大 7)
- (2) 堀岡正家：電試調 11 (大 12)
- (3) 内山武俊：電試調 37 (昭 7)
- (4) 堀岡正家、内山武俊：聯合大會 (昭 4)
- (5) 堀岡正家、内山武俊：聯合大會 (昭 5)
- (6) 堀岡正家：電試研 295 (昭 6)
- (7) 堀岡正家、内山武俊：電學誌 51, 333 (昭 6)
- (8) 堀岡正家、内山武俊：聯合大會 (昭 3)
- (9) 堀岡正家、内山武俊、水口榮助：電試研 303 (昭 6)
- (10) 堀岡正家、内山武俊、水口榮助：電學誌 51 (昭 6)
- (11) 内山武俊、水口榮助、荒井龍光：聯合大會 (昭 7)
- (12) 許 武雄、加藤正隆：第 15 回聯合大會 (昭 14)
- (13) 内山武俊、許 武雄、荒井龍光：電學誌 56, 1247 (昭 11)
- (14) 内山武俊：電學誌 (昭 5)
- (15) 内山武俊、荒井龍光：電試研 377 (昭 9)
- (16) 内山武俊、荒井龍光：電學誌 55, 618 (昭 10)
- (17) 堀岡正家、内山武俊：聯合大會 (昭 5)

- (18) 許 武雄, 加藤正隆: 第 15 回聯合大會 (昭 14)
- (19) 堀岡正家, 内山武俊: 聯合大會 (昭 5)
- (20) 堀岡正家, 内山武俊: 電學誌 52, 503 (昭 7)
- (21) 堀岡正家, 内山武俊: 電試調 87 (昭 7)
- (22) 内山武俊: 電學誌 56, 856 (昭 11)
- (23) 内山武俊: 電試彙 1, 5, 248 (昭 12)
- (24) 内山武俊, 水口榮助, 荒井龍光: 電學誌 52, 928 (昭 7)
- (25) 内山武俊, 水口榮助, 荒井龍光: 電學誌 52, 930 (昭 7)
- (26) 内山武俊: 電試彙 2, 8 (昭 13)
- (27) 内山武俊, 荒井龍光: 電試彙 1, 10, 539 (昭 12)
- (28) 内山武俊, 向笠和夫: 電試彙 3, 9, 529 (昭 14)
- (29) 内山武俊, 荒井龍光: 電試彙 1, 4, 190 (昭 12)
- (30) 内山武俊, 荒井龍光: 電試調 110 (昭 13)
- (31) 内山武俊, 荒井龍光: 電學誌 58, 670 (昭 13)
- (32) 内山武俊, 水口榮助, 荒井龍光: 電學誌 53, 707 (昭 8)
- (33) 内山武俊, 水口榮助, 荒井龍光: 電學誌 54, 394 (昭 9)
- (34) 内山武俊, 荒井龍光, 三嶋松夫: 電學誌 55, 246 (昭 10)
- (35) 内山武俊, 荒井龍光: 電學誌 54, 1225 (昭 9)
- (36) 内山武俊, 荒井龍光: 電試調 111 (昭 13)
- (37) 内山武俊, 荒井龍光: 電學誌 58, 550 (昭 13)
- (38) 内山武俊, 荒井龍光: 電試彙 1, 6, 276 (昭 12)
- (39) 内山武俊, 荒井龍光: 電學誌 57, 695 (昭 12)
- (40) 内山武俊: 電試彙 2, 6, 334 (昭 13)
- (41) 内山武俊, 許 武雄, 向笠和夫: 電學誌 57, 679 (昭 12)
- (42) 内山武俊: 電學誌 57, 1105 (昭 12)
- (43) 許 武雄: 電試彙 3, 1, 40 (昭 14)
- (44) 堀岡正家, 内山武俊, 許 武雄, 加藤正隆: 第 15 回聯合大會 (昭 14)

第 8 節 整流器, 變換器, 放電管等

1. 整流器, 變換器

(1) 水銀整流器研究の初期 電氣試験所に於ける水銀整流器の研究は古く大正 13 年 (1924 年) 頃に遡り, 本邦に於ける斯の方面の先驅をなすものである。當時は我が國に於ては初めて BBC 製の鐵製器を電鐵用として輸入した様な全くの黎明期であり, 外國に於ても今日世界に覇をなせる BBC が整流器製作開始後漸く 10 年を経過したところが思ふ様な成績を挙げ得ず, その製作を將に斷念しようとするやうな危期に立つた頃で, 顧みて誠に隔世の感が深い。當所に於ける研究は密田良太郎氏の主唱によるもので, 爾來幾多の業績を挙げてゐる。

この初期の研究は主として高橋正一氏, 松浦二郎氏によつて行はれ, 先づ松浦二郎氏⁽¹⁾は當時全く新奇な機器と見られて居つた水銀整流器に関する紹介を試みて斯界を啓蒙し, 數年後には硝子製及び鐵製水銀整流器の試作研究結果が密田良太郎, 松浦二郎氏等⁽²⁾によつて發表せられ, 斯界を裨益すること大であつた。又, 大正末期, 鐵道省大井町變電所に設置された水銀整流器の直流波形が, 京濱間の電話幹線に著しい誘導障害を及ぼして注目されたが, 密田良太郎, 高橋正一, 松浦二郎の 3 氏⁽³⁾は濾波装置を挿入することによつてこれを見事に解決した。

(2) 回轉板電弧制御方式による變換器の研究 當時密田良太郎氏は水銀電弧が極めて大きな電流を簡易に處理し得る大なる利點を有することに着目し, 大正末期より昭和初期にかけて水銀電弧を巧みに制御することによつて直流より交流への逆變換及び更に進んで周波數變換を行はしめんことを企てた。その完成の暁にはこれによる直流送電又は異周波數大電力の聯繫までも目指したのであつて, 當時に於けるこの着想は歐米先進國にも先んじた卓見であつた。唯電弧制御の技術が充分發達して居なかつた爲に, 今日ならば當然採用すべき格子制御に満足なる結果を見ることが出來ずに, 他に全く類例なき獨特の回轉板による水銀電弧制御方式の研究に着手するに至つた。これは變換器槽内に設備した電動機によつて陽極陰極間に遮壁をなす圓板を回轉せしめ, その板に設けられたる孔が放電路に一致するときのみ電弧を通ぜしめるといふ原理に基づくものであつて, その機械的構造上及び制御技術上の困難に打勝つて先づ昭和 4 年に小規模の單相逆變換⁽⁴⁾に成功し, その後數年試作設計せる鐵製六陽極變換器にて約 20 kW 程度の三相逆變換をなし得るに至つた。これ等の研究の詳細は昭和 9 年に至つて研究報告として發表されたが⁽⁵⁾, この間第二號試作器 (單相用) を 1930 年 (昭和 5 年) ベルギー獨立 100 年紀念博覽會に, 第三號試作器 (三相用) を 1933 年市俄古進歩一世紀萬國博覽會に出品して斯界の注目を集めた。

他方これと並行して整流器と逆變換器とを同一放電槽内に組合せ動作せしめて直流變壓及び周波數變換を行はしむる考案をも實驗的に研究し, 前者に就いては電氣三學會の聯合大會⁽⁶⁾に, 後者に就いてはその原理が市俄古博覽會に提出の説明書⁽⁷⁾に發表されてゐる。

この様に回轉板制御による諸變換器の研究は, 實驗室的規模に於ては略一段落となつたが, その間格子による電弧制御の技術が内外各方面に於て著しく發達し, この方式による方の有利なことも明らかになつて一應茲に終了を告げることゝなつた。併しその制御が回轉板たると格子たるとに拘らず, 逆變換回路の特性には何等相違のないものであつて, 回轉板方式の變換器に関する研究はこの方面の先驅として斯界になした貢獻は大きいと思ふ。

(3) 水銀整流器に関する最近の研究 周知の如く國産の鐵製水銀整流器が初めて電

鐵用として出現したのは昭和5年頃であるが、その後2~3年の間に種々の事故に遭遇しこれ等の解決の爲及び頓に急速化する斯界の進展に立遅れざる様に研究を要すべき諸問題が漸く山積するに至つた。折しも回轉板制御變換器の研究に一段落を告げたので、主力を水銀整流器の研究に傾注することゝなつた。時に昭和8年春である。以來種々貴重なる研究結果を發表する所あつたが、昭和12年に至り陣容に思はざる大變化を來し、人員激減の結果自づから研究の上にも重點主義を採らざるべからざることゝなり、昭和10年來繼續せる佐藤一郎、草野光男兩氏による逆弧の研究を主とし、天野嘉一氏は青木敏男氏の計畫せる定格に関する實驗殘部を遂行し、その後實習生東大大学院三山醇氏と協力して高周波逆變換を分擔した。次にその主要なる成果に就いて簡単に述べて置くことゝする。

曩に佐藤一郎、吉原健壽兩氏は回轉板による變換器研究の途次、それが機械的に電弧を遮斷するに非ずして一旦消弧せるものを抑へ且點弧を制御する性能を有することを明らかにした。これはあたかも格子の性能と正に同じであるので、變換器研究着手の當時その採用を斷念した格子の必ずや満足に使用し得べきことを信じ、昭和9年先づ小規模の格子制御による逆變換に成功し、後回路の改良研究等が行はれた。その後格子自體の特性を仔細に研究することの先決問題なるを認め、本格的に研究調査が行はれた。その詳細は別項格子制御放電管のところに述べる。

A. 高壓硝子製水銀整流器の研究 昭和9年頃、當時未開拓であつた放送用送信管その他に用ふる高壓直流電源としての水銀整流器の使用を促進すべく、松浦二郎氏は硝子製にて單器10kV約1~2Aの試作管に就き諸特性を研究し貴重な結果を得た⁽⁸⁾。尙青木敏男、草野光男兩氏は比較的陽極腕細き高電壓用整流器には往々點弧の不整あることを認め⁽⁹⁾、これが解決策を考究し適當なる構造及び対策を得た。

B. 水銀整流器定格の研究 a. 逆弧 逆弧は水銀整流器の難物で、その定格を制限するものであるから、これが軽減除去は極めて緊要事である。當初は供試陽極に負の高き直流電壓を印加し、これが弧光放電への轉移を究明し⁽¹⁰⁾、連續運轉溫度上昇による逆弧進展現象の觀測を行つて居たが⁽¹¹⁾、佐藤一郎、草野光男兩氏は昭和10年春可及的實際運轉時と等價なる状態に於ける試験をなすことを企圖して等價試験回路⁽¹²⁾を考案採用し、當時の第三部長笠井完氏指導の下に試作せる世界にて最初の三素子陰極線オシログラフを用ひて⁽¹³⁾、種々の構造、運轉状態、材料等の試作整流管につき實驗的研究を進捗せしめてゐる。これにより逆弧の状態も相當明瞭にされ⁽¹⁴⁾、整流器の信頼度向上に種々考案⁽¹⁵⁾対策を講じて成果を収めた。この水銀整流器の等價試験の提案は内外の斯界に先鞭をつけたもので、海外に於ても注目せられ、この一兩年本邦に於ても漸く重要性を認識せらるゝに至

り、その果した指導的役割は大きなものである。最近この研究は一應研究報告として取纏められた⁽¹⁶⁾。

b. 逆電流 佐藤一郎、草野光男兩氏が直接に逆弧を對象として研究を進めたに協力して、主として青木敏男氏は逆電流の研究に精進した。即ち器内水銀蒸氣壓、殘留イオン解消等の狀況を打診する間接的な手段として逆電流を觀測し、その逆弧への進展、水銀整流器の定格決定に資すべく本研究に着手した。先づその測定装置としてブラウン管による多重觀測方式⁽¹⁷⁾を考案し、これを用ひて硝子製水銀整流器の逆電流の性状を各種構造につき研究し⁽¹⁸⁾更に逆電流の進展と逆弧との關係⁽¹⁹⁾その成因⁽²⁰⁾等につき重要な研究成果を収め得た。更に昭和11年には鐵道省神田變電所にて1,500V, 1,000kWの鐵製水銀整流器に就いて實負荷運轉時の逆電流を實測し⁽²¹⁾、大容量器に對する最初の貴重な資料を得て斯界を益するところあつた。

c. その他 水銀整流器に於てはその器内の物理的状態がその定格に至大の關係を有する。就中その陰極部の設計及び陽極腕の電流容量はこれに重大なる影響を持つものである。青木敏男氏は陰極水銀槽の溫度とその設計に関する理論的計算⁽²²⁾、陽極筒電流容量の實驗的研究⁽²³⁾を行つて、定格に對する具體的資料を提供した。

C. 並列運轉 水銀整流器の電流容量大にして同一槽内に於て2乃至3陽極を同一相に並列接続する場合、或は槽を異にする2臺以上の水銀整流器を並列運轉する場合、並列に動作する水銀電弧電流に屢々不平衡を生じ易く、これが対策を講ずる必要がある。昭和10年頃12陽極を有する鐵製6相器に於てこのことが實際の問題となつて佐藤一郎氏が主としてこれが解決に當り、先づ同相陽極の並列運轉に就いては實驗室にて硝子製水銀整流器に就き種々の整流器状態及び回路接続の下にその特性を究明して⁽²⁴⁾有效な解決策を得た⁽²⁵⁾。更に小田原急行電鐵經堂變電所に於て1,000kWの鐵製水銀整流器につき實地試験の機會を得てその特性を明らかになし、並列陽極不平衡電流の巧な檢出法を考案した⁽²⁶⁾。又これより先、松浦二郎氏は變壓器結線を異にする同一變電所内の2臺の鐵槽水銀整流器の並列運轉に就き、京成電鐵高砂變電所にて實地試験を施行し、その運轉特性及び電壓脈動の軽減効果につき究明した⁽²⁷⁾。

D. 整流回路の理論的研究 整流回路は一般の交流回路の如く簡單に取扱ふことが困難で、從來種々の假定に基づいて計算が行はれ、この回路に付きものゝ交流側及び直流側の高調波も作圖した波形を級數に展開して求められ、特に交流側高調波が如何なる機構で發生するかといふ様な物理的意義は明らかでなかつた。然るに近來整流器容量の増大並に格子制御の採用に伴ひ特に交流側電壓電流の脈動が誘導障害の見地より切實に重大視され

るに至つた。依つて佐藤一郎氏は、多数の整流器が並列に接続されて6の倍数例へば 24, 36, 48 相等の設備として運轉する場合、そのあらゆる状態に對する交流側高調波を簡易に求むることの考察に着手し、先づ ϕ 相整流器の交流側電流に對するベクトル模型を考へて明快なる解析を企て⁽²⁸⁾、これを基礎として大容量多相水銀整流器設備の一次側高調波電流をベクトル的に合成する方法を發表した⁽²⁹⁾。これは間もなく研究報告として綜合されたが⁽³⁰⁾、複雑な整流回路の理論特にその物理的意義の闡明に寄與するところ尠からずと考へる。

E. 電弧電壓の測定 水銀整流器の電弧電壓はその能率を左右する主要因子たるの外、その内部状態の適否を打診し得る手掛りを與へる。併しその實際運轉時の測定は色々の困難を伴つて適当な方法なく、かねて正確簡易な實用的測定法が要望されて居つた。佐藤一郎、草野光男氏等はこれに對して種々考案研究を行ひ、整流法を改良した方式を得、この装置を用ひて東京市電溜池變電所及び東京高速鐵道赤坂變電所にて營業運轉中の電鐵用鐵製水銀整流器につき電弧電壓の測定を行ひ⁽³¹⁾ 貴重な資料を斯界に提供した。

F. 消弧方式の研究 水銀電弧の消弧は長く斯界の問題であつて、海外にても數種の試みが發表されて居るが、何れも電流小なる場合に限られ、又、稍大電流を消弧し得るものは技術上の難點があつて實用にならぬ。併しこれが完成の曉にこの方面の技術に飛躍的進展を招來すべきことは何人も想望するところであつた。佐藤一郎、天野嘉一兩氏は昭和14年實習生三山醇氏の援助を得て高周波逆變換の研究中、補助電極を用ひてこれを水銀陰極に對し負の極性として兩者間に瞬時的電弧を通じ、陰極輝點を消滅せしめて主電弧を消滅せしむる新しき消弧方式に到達し⁽³²⁾、100 A 程度の電弧を確實に消滅せしめ得るを確めた。次いでその消弧機構を明らかにし⁽³³⁾、この方式による交流及び直流電弧の消弧制御の實驗結果を發表したが⁽³⁴⁾、これは將來廣き應用を持つべきものと思はれる。

G. 誘導障害 水銀整流器の直流電壓の脈動分による通信線への誘導障害はその使用初期より問題視せられ、その對策も考究せられて⁽³⁵⁾ 現今ではこの障害を完全に除去し得るに至つた。近年は水銀整流器の容量増大につれて交流側高調波による誘導障害が諸所に惹起され、これが解決に佐藤一郎、草野光男氏等も大いに忙殺されたのであるが、本項に關する詳細は別項誘導障害のところに記述してある。

H. その他 以上の他水銀整流器研究室に於て斷片的に取上げた問題としては、外部電極による硝子水銀整流器の起動實驗⁽³⁶⁾、水銀整流器の異常高電壓に關する研究、抵抗⁽³⁷⁾及び電離真空計に關する研究等あり、又昭和12年發表した電鐵用鐵製水銀整流器の實狀調査⁽³⁸⁾は斯界の貴重な資料となつてゐる。又鐵製水銀整流器冷却水の問題は、實際家の

側で極めて重大な關心を持つものであるが、昭和9年發表された當時第三部電氣滲透研究室の奥野治雄、大竹羊三兩氏の研究結果⁽³⁹⁾も極めて重要なものとなつてゐる。

2. 格子制御放電管並にその應用

(1) **格子制御放電管の創案とその経過** 格子制御放電管、特に硝子製水銀整流器の陽極の前部にグリッドを挿入したものは電氣試験所の創案になるもので、電氣試験所に於ける格子制御放電管の初期の研究は全く我が國に於ける放電管の發達史である。

大正14年密田良太郎氏より、水銀電弧の制御により靜止變流装置の研究を命ぜられた高橋正一氏は、最初磁氣的操作作用を利用した電弧制御を行ひ、500ワット程度の變換に成功したが、續いて制御を有效ならしむ可く、大正15年に第三極即ち格子を電弧中に挿入して制御する方法を創案し、昭和2年最初の格子制御放電管が製作された。これが今日廣く一般に使用せらるゝ硝子製のものゝ日本に於ける最初の製品である⁽⁶⁴⁾。

この研究は出發に於て直流より交流への變換(直流送電)を一つの目標として進められたので、初期には直流遮斷が研究の對象となつたが、續いて格子が電弧の起動を阻止し得る特性のある事が闡明されて、交流電壓に應用すれば極めて廣範圍の利用方法のある事が解り、昭和3年以後今日まで、幾多の應用研究の成果を擧ぐるに至つた。

昭和2年創製當時に於ては、今日有名となつて居る米國のサイラトロンも未發表時代で(Hull氏がサイラトロンに關する記事を最初に發表したのは、1929年で昭和4年に當り、又Schenkel氏の獨逸に於ける格子制御に關する最初の發表は1932年で、昭和7年)昭和3年に於ける研究發表は海外に先立つものである⁽⁴⁰⁾。

昭和3年以後今日に至る長き間、高橋技師室の研究關係者一同は放電管の特性構造等の基礎的事項より、從來の電氣機器と組合せて、制御調整等に關して幾多應用の新分野の開拓に一致協力して眞剣な努力を續けて來た。

研究成果の著しきものは、精密なる自動電壓調整器で發電機用は精度 $\pm 0.1\%$ 、誘導電壓調整器用は $\pm 0.2\%$ 、加減壓器によるものは $\pm 0.15\%$ 、電動機用 $\pm 0.2\%$ 程度で、これ等は特許品として廣く實施されてゐる。特に船型試驗用電源として、蓄電池の代りに用ひられたものは世界に於ける劃期的のもので⁽⁶⁷⁾⁽⁶⁹⁾、我が國に於ける主なる水槽は殆ど全部電氣試験所考案の調整器を採用してゐる。

又放電管抵抗熔接装置も輕金屬その他の熔接用として、研究結果が實用されてゐる。その外に風洞電動機及び航空機模型水槽用速度調整用調整器、サイクロトロン電源用自動電流調整器等にも用ひられて、電氣關係以外の分野にも貢獻する所著しきものがある。

これ等研究の個々に就いては次に記す。

(2) 放電管の構造、特性等に関する研究 放電管に於て、格子の位置、網目、構造等がその特性に如何なる影響を及ぼすかは緊要な研究問題である。

昭和2年、高橋正一氏により創案試作せられた数個の中より、最も実用上適當なるものが選擇せられ、爾來調整器その他に實用せらるゝものを對象として、常に研究が續けられたが、影響する因子が多き爲に主に Cut and try method で設計が進行された。昭和5~6年頃には既に實用に最も適當なるもので今日使用されて居る如き構造のものも大體に整備された。その後昭和8年高橋正一氏、松浦二郎氏連名にて、日本學術振興會より「水銀電弧の格子制御」に關して研究資金の援助を受け、爾後詳細なる研究調査が組織的に開始された。次にこれ等に關し一通り大體年代順に記して見ると次の如くである。

高橋正一、山崎輝彦兩氏は昭和3年の春初めて硝子製水銀溜放電管に就いて發表し、電弧に對する格子の作用を述べ、特に交流回路に於ける應用方面に極めて大なる將來性のある事を記した⁽⁴⁰⁾。昭和9年に至り松浦二郎、草野光男兩氏は格子電流が格子制御に多大の關係ある事を示し⁽⁴¹⁾、昭和11年に高橋正一、前島包、原田久の3氏は格子の位置、構造等に依る起動特性の影響を研究するのに網目格子に就いて⁽⁴²⁾、續いて高橋正一、石川博一、大島清藏の3氏は打抜格子の放電管で⁽⁴³⁾、靜的起動特性の詳細な實驗を行つた。又松浦二郎、吉原健壽、矢木民藏の3氏も格子の位置と電弧電壓並に起動特性との關係を明らかにした⁽⁴⁴⁾。放電管の動的起動特性に就いても、松浦二郎氏等⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁶⁾並に高橋正一氏等⁽⁴⁷⁾⁽⁴⁸⁾の詳細なる研究があり動的特性に及ぼす諸影響、靜的起動特性との關係等を明らかならしめた。更に起動特性に影響を及ぼすものとして、松浦二郎氏は周圍溫度、他極電流、格子の配置、構造に就き⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾、高橋正一、石川博一の兩氏は特に格子抵抗と周圍溫度に就き⁽⁵¹⁾、明確ならしむる所があつた。

又松浦二郎氏等は無制御格子の陽極交流點弧電壓への効果⁽⁵²⁾⁽⁵³⁾、弧光電流と格子電流、格子電位の關係⁽⁵⁴⁾等に就いて検討した。多格子入放電管は既に昭和2年頃高橋正一氏に依りて創製されたが、その後の經驗に基づき昭和9年更に二重格子放電管の實驗を行ひ⁽⁵⁵⁾、續いて松浦二郎氏等も實驗を重ね⁽⁵⁶⁾、海外に先んじてその性能を明白ならしめた。その他高橋正一、石川博一兩氏は消イオン時間とその測定法を示し、又ブラウン管を使用して動作状態に於ける測定方式並に試驗結果⁽⁵⁷⁾を發表した。又佐藤一郎、三山醇、天野嘉一の3氏も格子のイオン解消、制御能力恢復時間に就き⁽⁵⁸⁾研究した。

これ等の構造、特性上に及ぼす諸因子に關する基礎的研究は、硝子製格子制御放電管の設計、改良等に好個の參考資料となり、又多大の指示を與ふるものである。

(3) 放電管の應用に關する研究 昭和2年格子制御放電管を創案して以來、高橋正一氏は放電管の各種の應用に先鞭をつけ、我が國に於けるこの方面の開拓者として指導的立場を續けて來て居る。

A. 遮斷、開閉装置並に可變インピーダンス装置 昭和3年、高橋正一、山崎輝彦兩氏は放電管を用ふれば、交流回路の高速遮斷が極めて有効に行はれる事を示し、又水銀整流器の格子に依る直流高速遮斷方式を提案した⁽⁴⁰⁾。この方式は現今各國に於て廣く採用されてゐる水銀整流器の逆弧時の格子に依る高速遮斷方式と全く同一のもので、未だ各國に於て全く使用されなかつた當時この方式の着想あつた事は特筆すべきであらう。續いて昭和4年過電壓に對する高速度繼電方式、並に直流開閉器を研究した⁽⁵⁹⁾。この直流開閉器は現今所謂並列型インバータにその原理を應用されてゐるもので、當時既に500V 6A迄の遮斷に成功して、直流回路に於ける靜止的電力開閉器の實用性を明確ならしめた。昭和7年には高橋正一、漆畑松次郎兩氏が消弧線輪回路の直列共振防止用に高速度遮斷器として放電管を東京電燈の電力線回路で試験した⁽⁶⁰⁾。又昭和5年には高橋正一、山崎輝彦兩氏によりて放電管を用ひた可變リアクトルが研究された⁽⁶¹⁾。現今各種の調整装置にこの考へ方を利用した可變インピーダンス装置が廣く應用され、特に放電管熔接機回路に實用されてゐる。

B. 回轉機用自動調整装置 a. 發電機用自動電壓調整器 昭和6年高橋正一、小武海輝彦(舊姓山崎)、小西朋之の3氏は從來の振動型調整器の機械的部分を放電管に換へ、真空管増幅器と組合せた調整方式を發表し⁽⁶²⁾、放電管型自動調整器の基礎を作つた。昭和7年には放電管の格子制御に直流偏倚制御方式を用ひたものが實驗せられた⁽⁶³⁾。續いて同年には當第一部の60kW 直流發電機にこの方式の装置を取付けた⁽⁶⁴⁾。これ等の實績に依りて、日本放送協會では昭和8年相次いで徳島、前橋、濱松、札幌、長崎等の放送局にこの調整器を實施した⁽⁶⁴⁾。又當時の日本無線電信株式會社に於ても實用された。昭和9年には從來の方式にネオン管を併用して一層調整感度を高めることに成功した⁽⁶⁵⁾。續いて高橋正一氏に依り真空管移相器が考案されて以來、調整方式も劇期的進歩を遂げ、爾來一般にこれを用ふる方式が採用せられ、極めて精密なる調整を行ひ得て、茲に一應研究が完成された⁽⁶⁴⁾⁽⁶⁶⁾。昭和9年春この方式を併用した調整器が廣島放送局に實施され、又逓信省船舶試験所の調整器が新方式に改造されて、電壓變動率 $\pm 0.015\%$ の記録的好成績を擧げた⁽⁶⁷⁾。その後真空管移相器に依り各種の調整器に好結果を得た⁽⁶⁸⁾⁽⁶⁹⁾。又同じ調整器が理化學研究所のサイクロトロン勵磁用直流發電機の電流自動調整にも用ひられて好結果を得た⁽⁷⁰⁾。

交流發電機用自動電壓調整器の研究は昭和5年頃開始され昭和6年高橋正一、吉田五郎、小西朋之の3氏は放電管を用いた簡単な調整方式を研究し⁽⁷¹⁾、直流發電機用自動調整器の改良研究に伴ひ、これを應用したものが福井放送局に實施された⁽⁶⁴⁾。

b. 電動機用自動速度調整器 直流電動機のWard-Leonard制御に對して、發電機にこの自動電壓調整器を應用して、極めて精密な速度調整を行ふことが出来る。特に船舶試験用並に風洞用電動機は同方面の電源設備に劃期的進歩を促し、斯界に裨益する所極めて大きいものがあつた。昭和9年には船舶試験所の船型模型曳引車用電動機に定速度用としてこれを試験し、その性能を明らかにした⁽⁶⁷⁾⁽⁷²⁾。その後昭和13年、これと同様な調整器に於て、電動機の迅速起動を行ひ得る方式を發表し、農林省水産試験場並に東京帝大船舶科に實施して試験水槽の使用有効長さを増加し⁽⁶⁹⁾⁽⁷³⁾、又短い水槽にても高速度の運轉に最も適せしめた。

B. 交流回路用自動電壓調整器 a. 誘導電壓調整器用自動電壓調整器 昭和9年高橋正一、櫻井新一郎兩氏は放電管を用いた切換接續に依る誘導電動機の新しい高速度逆轉方式を研究し⁽⁷⁴⁾、好成績を得た。續いてこの方式で木挽町分室の誘導電壓調整器の電動機を自動調整して、電球壽命試験用電源として使用し、電壓の變動を $\pm 0.2\%$ に保ち得、爾來晝夜連続試験に實用してゐる⁽⁷⁵⁾。その成績は從來の機械的調整器に比し極めて良好であるので、相續いで東京工業大學⁽⁷⁶⁾、鹿兒島、富山放送局を始め⁽⁷⁷⁾、各所に實施された。又高橋正一、竹内羊造兩氏は上記の方式を更に改良し、今日一般に使用される自動調整回路を完成した⁽⁷⁸⁾。その他高橋正一、竹内羊造、武隆志の3氏は比較的大容量の蓄電池の定電流充電に⁽⁷⁹⁾、高橋正一、竹内羊造、喜多達元の三氏は三相電壓の自動平衡電壓自動調整⁽⁸⁰⁾にも應用した。

b. 静止型交流自動電壓調整器 全く回轉部分のない自動調整器が要望せられたので、昭和12年高橋正一、竹内羊造、荒川仁四郎の3氏は放電管を應用した自動加減壓器を研究し⁽⁶⁶⁾⁽⁸¹⁾、これを永田町分室その他に於て實用するに至つた。又昭和14年同様な方式で多脚變壓器を使用する經濟的な自動電壓調整器も考案せられた⁽⁸²⁾。

D. 放電管抵抗熔接機 近年放電管に依る抵抗熔接機は革命的進歩を遂げたが、これの制御方式に對しては試験所は早くから貢獻する所があつた。今日我が國で用ひられてゐる直列變壓器を用ふる方式は、前記の可變インピーダンス装置を用いたもので、この研究は外國に先んじ、且つこの装置は特許として我が國にて實用せられてゐるものである。又高橋正一、石川博一、荒川仁四郎、大島清藏の4氏は昭和15年新なる三脚變壓器を用ふる放電管熔接装置を研究し⁽⁸³⁾、この方式も極めて好結果であるので200kVA程度の容量

の大なる装置に實用する迄に發展してゐる。

E. その他の應用 インバータとして昭和9年佐藤一郎、吉原健壽兩氏は格子制御に依る單相インバータを發表し⁽⁸⁴⁾、昭和10年松浦二郎氏は勵弧極の電位を用ひて主陽極を制御する格子制御方式⁽⁸⁵⁾、並に昭和11年これを二重格子放電管に利用したインバータに就き報告してゐる⁽⁸⁶⁾。又高橋正一、石川博一、大島清藏の3氏は昭和14年放電管周波數變換器に依る交流連結方式⁽⁸⁷⁾、同年高橋正一、竹内羊造、喜多達元の3氏は並列型インバータを用ひた數個の運動體の同期運轉方式⁽⁸⁸⁾を考案して極めて有用な用途を拓いた。後の方式は航空試験所に於てフロートの實驗に同期追従用に用ひられ好成績で實用された。その他昭和7年高橋正一、吉田五郎、加賀美武男の3氏による超速勵磁方式⁽⁸⁹⁾、昭和15年高橋正一、竹内羊造兩氏による電弧爐の電流制御方式⁽⁹⁰⁾等幾多の貴重な發表があり、我が生産工業界に裨益する所極めて大であつた。特に電氣爐の電流制御方式は各方面よりその實用を重視せられてゐる。

文 献

- (1) 松浦二郎：電試調 17 (大 14)
- (2) 密田良太郎、松浦二郎、吉原健壽：電試研 226 (昭 3)
- (3) 密田良太郎、高橋正一、松浦二郎：電試研 208 (昭 2)
- (4) 密田良太郎、松浦二郎：第4回三學會聯合大會豫稿 (昭 4)
- (5) 密田良太郎、松浦二郎、佐藤一郎：電試研 372 (昭 9)
- (6) 松浦二郎、天野嘉一、草野光男：第10回聯合大會豫稿 (昭 10)
- (7) 密田良太郎、松浦二郎、佐藤一郎、吉原健壽：Explanation of Mercury-Inverter, June, (1933) (市俄古博覽會出品説明書)
- (8) 松浦二郎、草野光男：G. S. News 8, 3 (昭 9)
- (9) 青木敏男、草野光男：電學誌 55, 245 (昭 10)
- (10) 佐藤一郎：第9回聯合大會豫稿 (昭 9)
- (11) 松浦二郎、吉原健壽：第10回聯合大會豫稿 (昭 10)
- (12) 佐藤一郎、草野光男：電學誌 57, 58 (昭 12)；佐藤一郎、草野光男：第12回聯合大會豫稿 (昭 12)
- (13) 笠井 完、佐藤一郎、草野光男：電學誌 56, 579 (昭 11)；佐藤一郎：電試堂 1, 4, 157 (昭 12)；K. Kasai & I. Satoh: Arch. f. Elekt 31, 551 (1937)
- (14) 佐藤一郎、草野光男：電試堂 4, 9, 650 (昭 15)
- (15) 松浦二郎、吉原健壽：特許 117121 (昭 11)；草野光男：特許 133018 (昭 14)；佐藤一郎、草野光男：特許 135841 (昭 15)
- (16) 佐藤一郎、草野光男：電試研 450 (昭 16)
- (17) 松浦二郎、青木敏男、草野光男：電學誌 54, 663 (昭 9)
- (18) 青木敏男：第3回工學大會電氣部會豫稿 (昭 11)
- (19) 松浦二郎、吉原健壽、矢木民藏：電評 24, 12 (昭 11)

- (20) 青木敏男: 第 12 回聯合大會豫稿 (昭 12)
 (21) 青木敏男: 電試彙 1, 1, 1 (昭 12)
 (22) 青木敏男: 電試研 407 (昭 12)
 (23) 青木敏男: 第 12 回聯合大會豫稿 (昭 12)
 (24) 佐藤一郎, 草野光男: 第 3 回工學大會電氣部豫稿 (昭 11)
 (25) 佐藤一郎: 第 12 回聯合大會豫稿 (昭 12)
 (26) 佐藤一郎: 第 14 回聯合大會豫稿 (昭 14); 電試研 433 (昭 14)
 (27) 松浦二郎: 電試研 371 (昭 9)
 (28) 佐藤一郎: 電試彙 3, 7, 8, 9, 403, 460, 534 (昭 14)
 (29) 佐藤一郎: 電試彙 3, 5, 276 (昭 14)
 (30) 佐藤一郎: 電試研 434 (昭 15); 佐藤一郎: 電試彙 5, 3, 125 (昭 16)
 (31) 佐藤一郎, 草野光男, 馬淵貞雄: 第 15 回聯合大會豫稿 (昭 14);
 佐藤一郎, 草野光男, 馬淵貞雄: 電試彙 4, 2, 115 (昭 15)
 (32) 佐藤一郎, 三山 醇, 天野嘉一: 電試彙 4, 1, 23 (昭 15)
 (33) 佐藤一郎, 三山 醇, 天野嘉一: 電試彙 4, 5, 348 (昭 15); 第 4 回工學大會電氣部會豫稿 (昭 15)
 (34) 佐藤一郎, 三山 醇: 第 17 回聯合大會豫稿 (昭 15)
 (35) 佐藤一郎: 電試研 414 (昭 13); 電試彙 1, 12, 683 (昭 12)
 (36) 佐藤一郎: 電試彙 1, 9, 487 (昭 12)
 (37) 佐藤一郎, 吉原健壽: 第 9 回聯合大會豫稿 (昭 9); 佐藤一郎: 第 10 回聯合大會豫稿 (昭 10); 電評 23, 4 (昭 10)
 (38) 佐藤一郎, 草野光男: 電試彙 1, 11, 642 (昭 12)
 (39) 奥野治雄, 大竹羊三: 電試研 369 (昭 9)
 (40) 高橋正一, 山崎輝彦: 聯合大會豫稿 45 (昭 3)
 (41) 松浦二郎, 草野光男: 第 9 回聯合大會豫稿 26 (昭 9)
 (42) 高橋正一, 前島 包, 原田 久: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 49 (昭 11)
 (43) 高橋正一, 石川博一, 大島清藏: 第 12 回聯合大會豫稿 13 (昭 12)
 (44) 松浦二郎, 吉原健壽, 矢木民藏: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 65 (昭 11)
 (45) 松浦二郎, 吉原健壽, 矢木民藏: 第 12 回聯合大會豫稿 8 (昭 12)
 (46) 松浦二郎, 吉原健壽, 矢木民藏: 電試彙 1, 7, 351 (昭 12)
 (47) 高橋正一, 石川博一, 大島清藏: 第 12 回聯合大會豫稿 12 (昭 12)
 (48) 高橋正一, 石川博一: 電試彙 1, 7, 337 (昭 12)
 (49) 松浦二郎: 第 10 回聯合大會豫稿 30 (昭 10)
 (50) 松浦二郎: 電學誌 55, 561, 254 (昭 10)
 (51) 高橋正一, 石川博一: 第 13 回聯合大會豫稿 70 (昭 13)
 (52) 松浦二郎, 吉原健壽, 矢木民藏: 第 12 回聯合大會豫稿 10 (昭 12)
 (53) 松浦二郎, 吉原健壽, 矢木民藏: 電試彙 1, 8, 417 (昭 12)
 (54) 松浦二郎, 京藤陸重: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 59 (昭 11)
 (55) 高橋正一, 前島 包, 小島 哲: 第 10 回聯合大會豫稿 33 (昭 10)
 (56) 松浦二郎, 吉原健壽, 京藤陸重: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 61 (昭 11)
 (57) 高橋正一, 石川博一: 電試彙 3, 6, 351 (昭 14)
 (58) 佐藤一郎, 三山 醇, 天野嘉一: 電試彙 3, 8, 456 (昭 14)

- (59) 高橋正一, 山崎輝彦: 聯合大會豫稿 62 (昭 4)
 (60) 高橋正一, 漆畑松次郎: 第 2 回工學大會電氣部會豫稿 136 (昭 7)
 (61) 高橋正一, 山崎輝彦: 聯合大會豫稿 139 (昭 5)
 (62) 高橋正一, 小武海輝彦, 小西朋之: 第 6 回聯合大會豫稿 55 (昭 6)
 (63) 高橋正一, 吉田五郎, 小武海輝彦, 小西朋之: 第 2 回工學大會電氣部會豫稿 101 (昭 7)
 (64) 高橋正一: 電學誌 55, 559, 73 (昭 10)
 (65) 高橋正一, 小西朋之: 第 9 回聯合大會豫稿 16 (昭 9)
 (66) 高橋正一: 機械及電氣 3, 1, 203 (昭 13)
 (67) 港 一鷹, 高橋正一: 造船協會會報 56, 153 (昭 10)
 (68) 高橋正一, 前島 包: オーム 22, 9, 841 (昭 10)
 (69) 高橋正一, 前島 包: 電試彙 2, 5, 277 (昭 13)
 (70) Y. Nishina, T. Yasaki & S. Watanabe: The Scientific paper of the Institute of Physical and Chemical Research. No. 854, Vol. 34, P. 1658, Nov. (1938)
 (71) 高橋正一, 吉田五郎, 小西朋之: 第 6 回聯合大會豫稿 57 (昭 6)
 (72) 高橋正一, 前島 包: 電學誌 55, 560, 247 (昭 10)
 (73) 高橋正一, 前島 包, 佐々木茂雄: 第 13 回聯合大會豫稿 71 (昭 13)
 (74) 高橋正一, 櫻井新一郎: 第 9 回聯合大會豫稿 13 (昭 9)
 (75) 高橋正一, 櫻井新一郎, 竹内羊造: 電學誌 54, 556, 110 (昭 9)
 (76) 高橋正一, 竹内羊造: オーム 22, 9, 844 (昭 10)
 (77) 高橋正一: ラヂオの日本 21, 417 (昭 10)
 (78) 高橋正一, 竹内羊造: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 47 (昭 11)
 (79) 高橋正一, 竹内羊造, 武 隆志: 第 13 回聯合大會豫稿 72 (昭 13)
 (80) 高橋正一, 竹内羊造, 喜多達元: 第 4 回工學大會電氣部會豫稿, 電氣機器 9 (昭 15)
 (81) 高橋正一, 竹内羊造, 荒川仁四郎: 第 12 回聯合大會豫稿 14 (昭 12)
 (82) 高橋正一, 竹内羊造, 喜多達元: 第 15 回聯合大會豫稿 177 (昭 14)
 (83) 高橋正一, 石川博一, 荒川仁四郎, 大島清藏: 第 4 回工學大會電氣部會豫稿, 電氣機器 11 (昭 15)
 (84) 佐藤一郎, 吉原健壽: 第 9 回聯合大會豫稿 27 (昭 9)
 (85) 松浦二郎: 電學誌 55, 567, 912 (昭 10)
 (86) 松浦二郎, 吉原健壽, 京藤陸重: 第 3 回工學大會電氣部會豫稿 63 (昭 11)
 (87) 高橋正一, 石川博一, 大島清藏: 第 14 回聯合大會豫稿 166 (昭 14)
 (88) 高橋正一, 竹内羊造, 喜多達元: 第 14 回聯合大會豫稿 178 (昭 14)
 (89) 高橋正一, 吉田五郎, 加賀美武男: 第 2 回工學大會電氣部會豫稿 139 (昭 7)
 (90) 高橋正一, 竹内羊造: 紀元 2600 年記念第 17 回聯合大會豫稿, 電氣機器 18 (昭 15)

第9節 陰極線オシログラフその他

1. 陰極線オシログラフ

瞬時過渡現象測定装置としての陰極線オシログラフの價値は今更茲に喋々する迄も無いが、輒近に於ける雷害防止に關聯する研究乃至衝擊電壓試験等に於ては、不可缺の測定器として既に實用化の時代に入つてゐる。

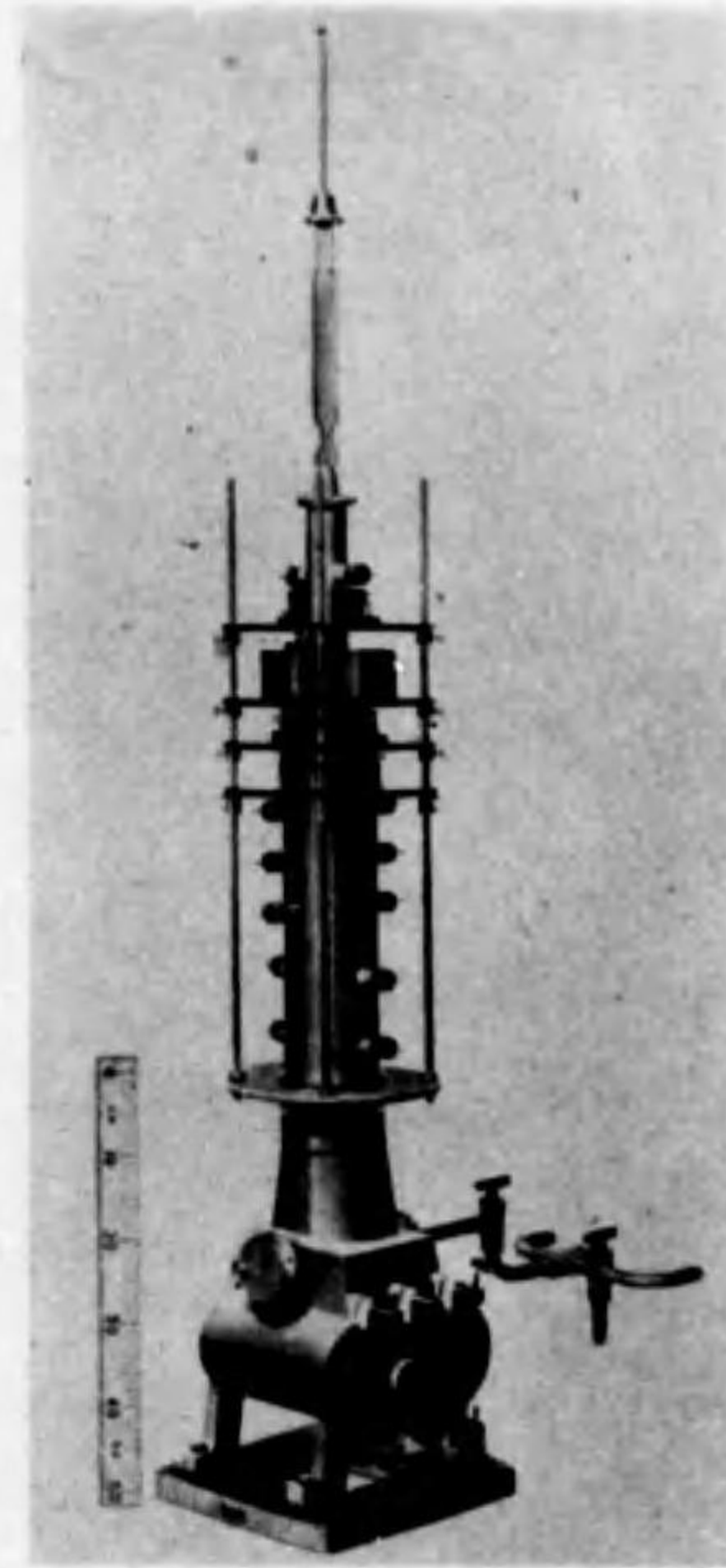
本邦に於ける陰極線オシログラフの普及とこれによる測定技術の向上に關しては電氣試験所も亦與つて力ある所であつて、昭和初年別宮貞俊氏によつて先づ着手せられたこの方面の研究は、次いで笠井完氏によつて大成され、その成果は本邦技術史に不滅の足跡を印してゐる。次に電氣試験所に於ける陰極線オシログラフ發達史の概要を略述しよう。

陰極線オシログラフが略今日の實用的形態を備へたのは 1923 年 A. Dufour 氏によるのであるが、1926 年(大正 15 年)には早くも別宮貞俊氏が外遊の途上この型のものを 1 臺購入して歸朝され、その實驗結果を發表された⁽¹⁾⁽²⁾。また當時避雷器に關する研究を擔當せられた笠井完氏も直ちにこの Dufour 型を模倣せるものを横河電機製作所に製作を命じ、これによる過渡現象撮影方法に就いて報告を執筆された⁽³⁾⁽⁴⁾。

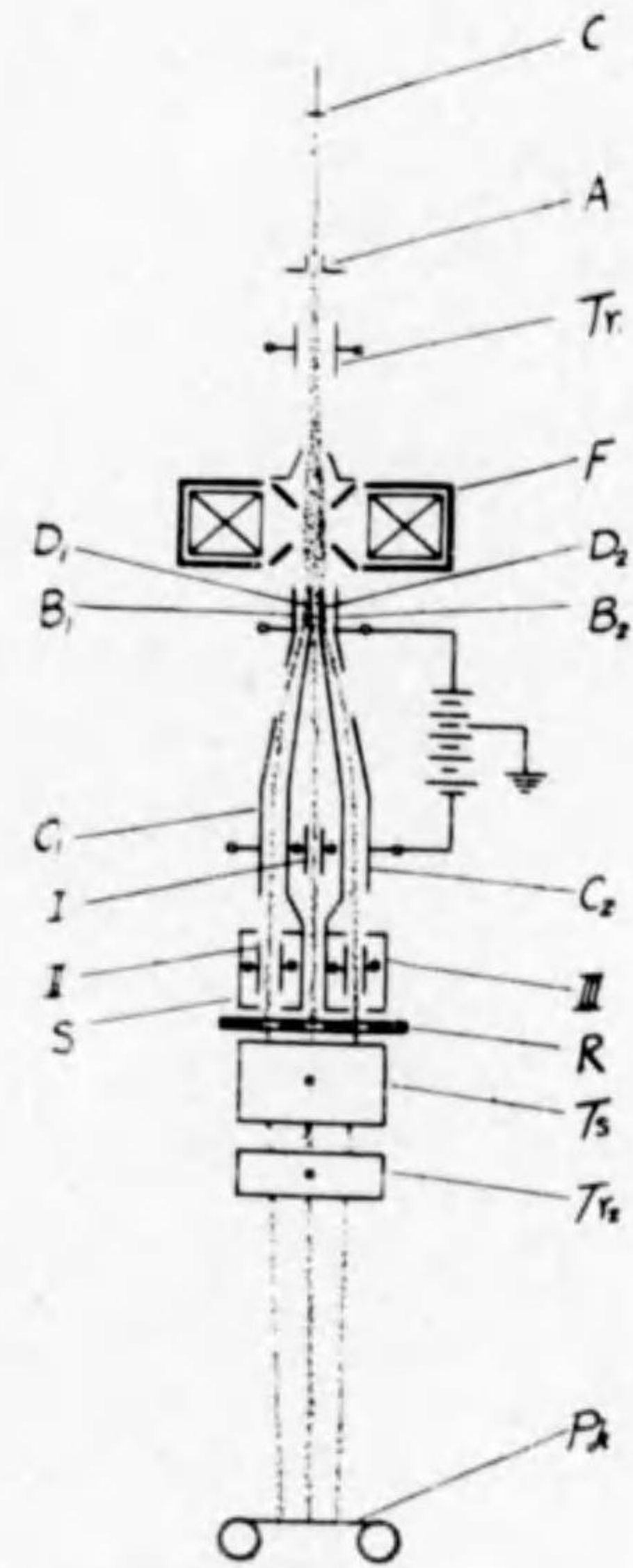
以上は海外の技術を消化するといふ程度を出ぬものであるが昭和 4 年別宮貞俊、笠井完兩氏が 1 枚のフィルムの表裏に陰極線を投射し、同時に 2 現象を撮影する本邦最初の二素子陰極線オシログラフを案出した頃より次第に獨自の研究が行はれるに至つた。即ち昭和 8 年笠井完氏⁽⁵⁾による單素子オシログラフの二素子的使用方法が提案され、この實驗より更に新規の原理に成る多素子オシログラフが同年末同氏他 3 名⁽⁶⁾によつて實用化された。第 1 圖はこの型の三素子陰極線オシログラフ⁽⁷⁾⁽⁸⁾の外観である。

第 2 圖はその要部を示す略圖であつて、集點作用を受けた陰極線はその中心軸上にこれと平行に置かれた分割板 D_1, D_2 に依つて 3 條に分れ、寫眞乾板上の 3 點に集點する間に 3 對の現象偏位板 I, II, 及び III の間を夫々通過し、更にその下方に設けられてゐる時間偏位板 T_1 間を共通に通る有線を示すものである。この際陰極線の通路を制御する偏位板 B_1, B_2 及び C_1, C_2 に夫々正及び負電壓を與へ適當にこれを調整すれば、 D_1, D_2 に依つて分割された 3 條の陰極線は現象偏位板 II, III の中央附近を通過し、寫眞乾板上の任意の位置に集點せしめ得る。これに反し B_1, B_2 及び C_1, C_2 に加壓せねば、中央部分の陰極線のみが直進し、單素子陰極線オシログラフとなる。第 3 圖は本器によつて撮影したオシログラムの例である。

又橋崎治、宮本慶巳、越智雄吉の 3 氏は Knoll 氏の考案に成る多素子用放射管を使用

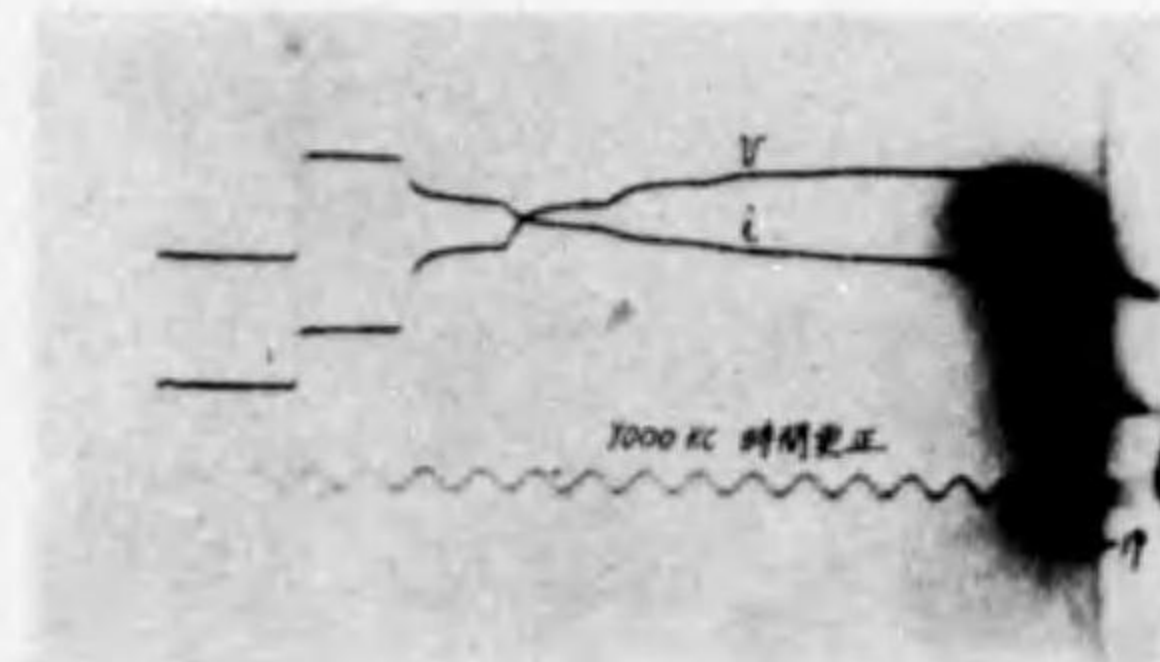


第 1 圖 三素子陰極線オシログラフの外観



C=陰極, A=陽極, T_{r1} =先偏位板, F=集點線輪, $D_1, D_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ =分割板, I, II, III=現象偏位板, S=遮蔽面, R=遮光板, T_1 =時間偏位板, T_2 =補助先偏位板, P_h =螢光板

第 2 圖



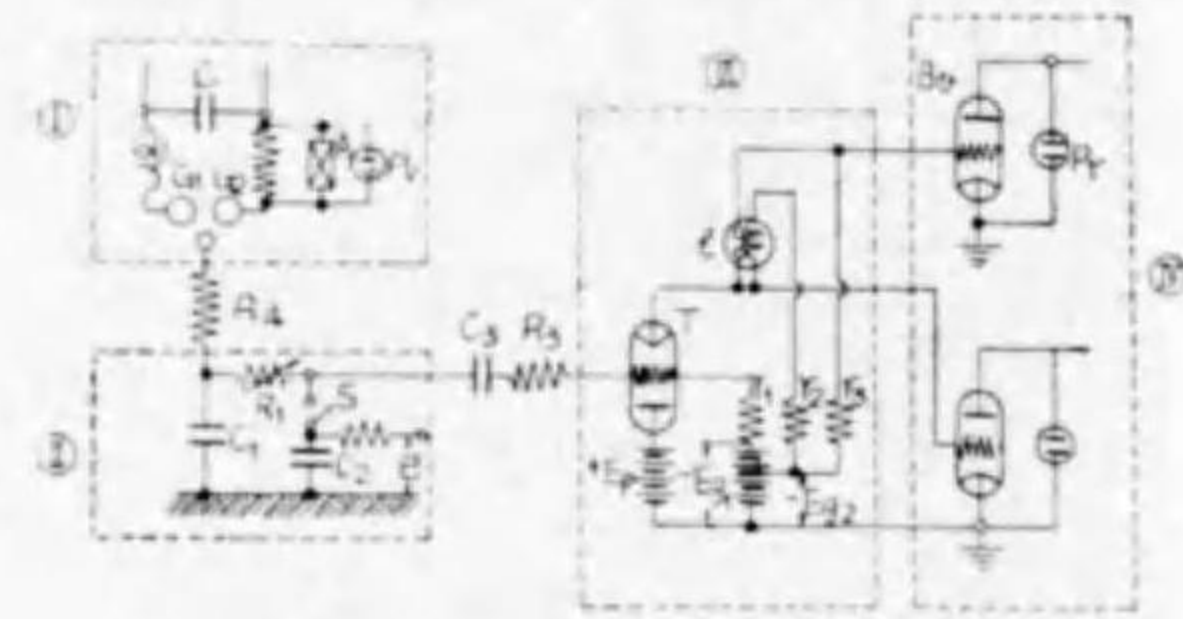
長さ 150 m のケーブルに於ける進行波の往復反射を三素子陰極線オシログラフに依つて撮影せる例

第 3 圖

せる二素子型陰極線オシログラフに於て寫眞乾板上の輝點位置を調整する方法に新規なる考案を施し、實用化されてゐる。内山武俊、許武雄、荒井龍光の3氏⁽¹⁰⁾は2個或は3個の陽極遮孔を有する Knoll 型の多素子オシログラフを改良しこれを發表してゐる。

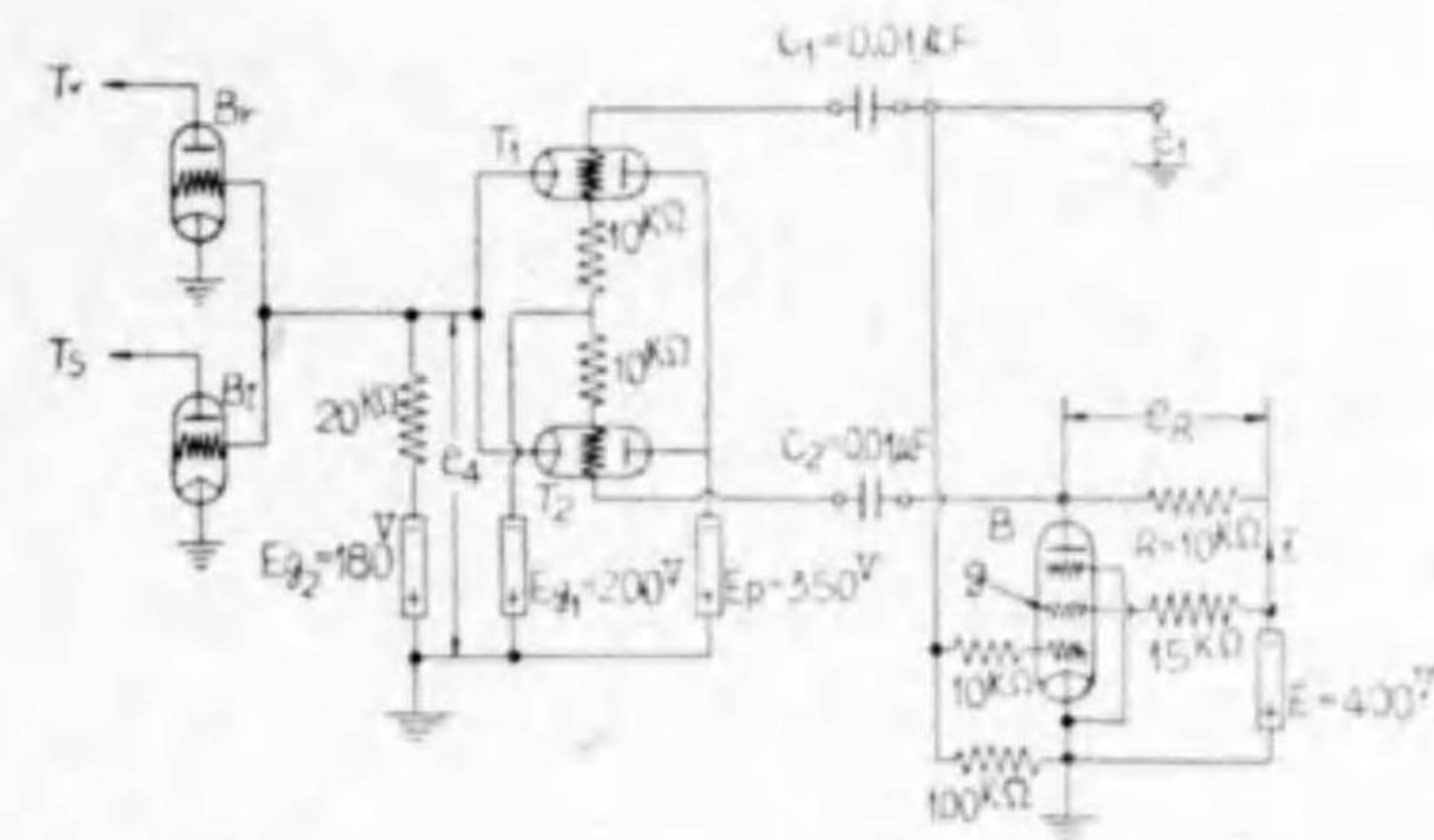
以上述べたのは陰極線オシログラフ自體の研究であるが、次にその操作竝に測定法に就いて簡単に述べよう。元來瞬時過度現象の測定は、その發生瞬時を人為的に制御し得る場合、例へば衝擊電壓發生器によつて生ずる衝擊波の測定等と、自然雷の如くその發生瞬時を全然豫期し得ない場合とでは相當の差異がある。先づ前者に就いては當所に於ても昭和2年頃より別宮貞俊、橋崎治、宮本慶巳の諸氏^{(11)~(14)}、笠井完、高岸英夫、只野文哉諸氏^{(3)~(4)}が各種の考案をなし、夫々異つた過度現象の撮影方法を提案してゐる。これ等の中第5圖に示す撮影操作回路⁽¹⁵⁾は非常に早い現象にも亦比較的緩徐な現象にも適用出来て便利なるものである。即ち任意の瞬時に先偏位及び時間偏位を始動せしめ、この瞬時より一定時間の後に衝擊電壓發生回路の主放電間隙を放電せしめて衝擊電壓を發生せしめるものである。従つて時間偏位速度をかなり廣範圍に変化しても同一回路によつて過度現象を寫眞乾板上の適宜な位置に描示せしめ得る。その要領は第5圖に示す如く現象を發生せしめる衝擊電壓發生回路 I に於てその主放電間隙 G_1, G_2 の外に第三電極 G_3 を挿入し、更に始動回路 II 及びサイラトロン跳躍繼電器回路 III を設ける。而して始動回路の開閉器 S を閉ぢる事に依り、一方に於てサイラトロン跳躍繼電器を動作し、他方これより所要の一定時間後第三電極を放電せしめて衝擊電壓を發生せしめるにある。尙衝擊電壓發生回路が多段式 Marx 回路である場合にはその第一階梯を主放電間隙とし、これと始動回路とを結合せしめれば良い。

自然雷その他に因つて送電線に發生する異常電壓、線路の開閉に伴ふ異常電壓等偶發的過度現象の撮影方法は、初め Gábor 氏によつて考案され、その後昭和7年笠井完氏⁽¹⁶⁾がこれに改良を加へて、我が國に於ける最初の雷電壓波の撮影を日本電力會社東京變電所に於て行ひ、引續き東京電燈猪苗代新舊兩線に於て行つてゐる。この Gábor 氏の方法は四極真空管3個を用ひて跳躍回路を作り、これを操作回路の主體として偶發的過度現象の撮影をするのであるが、保守及び取扱に面倒な點がある。笠井完氏外2名^{(8)~(17)~(18)}はこれに代つて、サイラトロンを利用した跳躍繼電器を作りその取扱を著しく簡易ならしめた。その概要を極く簡単に説明する。元來本目的に使用する陰極線オシログラフは上記實驗室



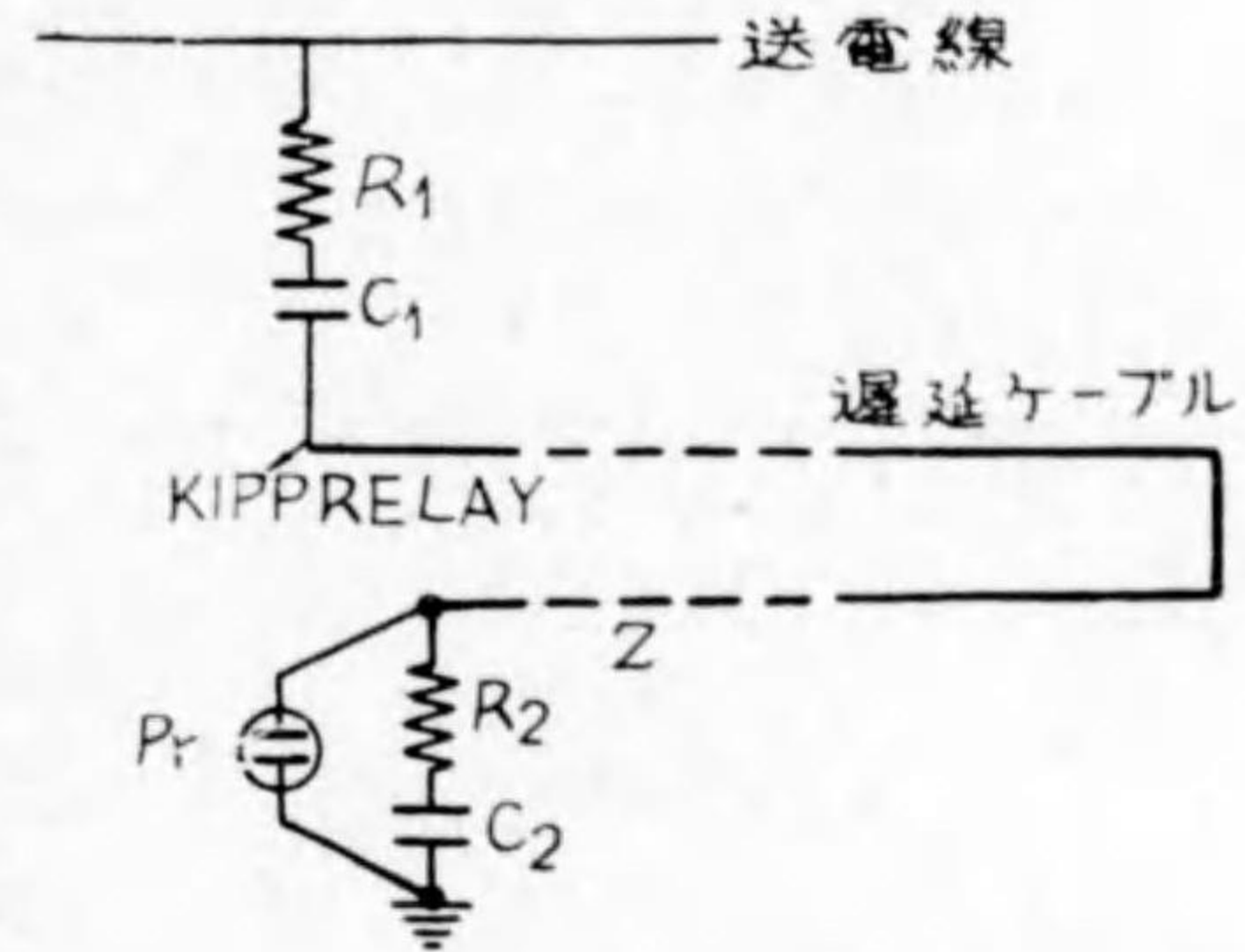
第 4 圖

の夫と本質的には何等差異のあるものではないが現象發生瞬時の豫知出來ぬ點から多少の工夫を必要とする。即ち (1) 陰極線放射管を陰極線の連続的發生に適應せしめる事、(2) 陰極線放射状態に於て數十分間フィルムを露出放置してもカブリを生ぜしめぬやう、先偏位装置の外にカブリ防止用の遮孔板及び補助先偏位板等を設ける事、(3) 1 回の排氣によつて多數のオシログラムを撮影し得るやう、長いフィルムを裝荷し得る事、(4) 2 個所又は3個所の現象を同時に測定出来る事等がその主な點で、前記第1圖のオシログラフは略これ等の要求を満して居り、連続放射時間約3時間、1回の排氣で200枚以上のオシログラムが得られる。次に分壓回路は普通第6圖の如き所謂遅延ケーブルを有する抵抗、蓄電器直列式のものが用ひられ、その設計上の要項は、可及的被測定現象の波形に依つて分壓比が變化せず、且記録波形が原波形と著しい相違を生ぜぬ事、及び分壓器の接続による測定點の原電壓波形を變歪せしめぬ事等であつて、このため遅延ケーブル長は150m程度とし、 R_2 をその波動インピーダンス Z に等しく調整する。尙被測定波が長い程 C_2 は大容量とする必要がある。最後に現用されてゐるサイラトロン跳躍繼電器^{(8)~(15)}は第7圖の如き接続となつてゐる。要するにサイラトロンの格子電極に充分なる正電壓を加へれば 0.5×10^{-6} 秒以下で始動するといふ事を



第 6 圖

内の夫と本質的には何等差異のあるものではないが現象發生瞬時の豫知出來ぬ點から多少の工夫を必要とする。即ち (1) 陰極線放射管を陰極線の連続的發生に適應せしめる事、(2) 陰極線放射状態に於て數十分間フィルムを露出放置してもカブリを生ぜしめぬやう、先偏位装置の外にカブリ防止用の遮孔板及び補助先偏位板等を設ける事、(3) 1 回の排氣によつて多數のオシログラムを撮影し得るやう、長いフィルムを裝荷し得る事、(4) 2 個所又は3個所の現象を同時に測定出来る事等がその主な點で、前記第1圖のオシログラフは略これ等の要求を満して居り、連続放射時間約3時間、1回の排氣で200枚以上のオシログラムが得られる。次に分壓回路は普通第6圖の如き所謂遅延ケーブルを有する抵抗、蓄電器直列式のものが用ひられ、その設計上の要項は、可及的被測定現象の波形に依つて分壓比が變化せず、且記録波形が原波形と著しい相違を生ぜぬ事、及び分壓器の接続による測定點の原電壓波形を變歪せしめぬ事等であつて、このため遅延ケーブル長は150m程度とし、 R_2 をその波動インピーダンス Z に等しく調整する。尙被測定波が長い程 C_2 は大容量とする必要がある。最後に現用されてゐるサイラトロン跳躍繼電器^{(8)~(15)}は第7圖の如き接続となつてゐる。要するにサイラトロンの格子電極に充分なる正電壓を加へれば 0.5×10^{-6} 秒以下で始動するといふ事を

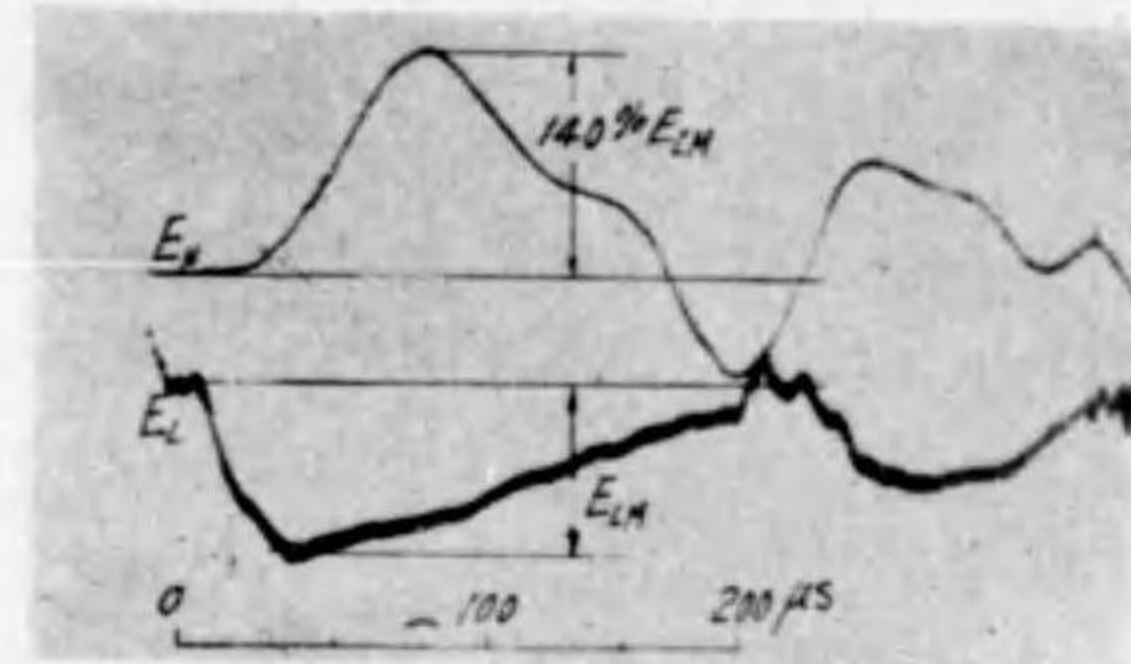


第 5 圖

利用したものであつて、 T_1 及び T_2 はこのサイラトロンであり、常時は共に陰極に対して負電圧を有し、被測定進行波が正なる時は T_1 が直に、又負なる時は四極真空管 B により T_2 が始動して、先偏位及び時間偏位用三極真空管 B_r 及び B_t の格子電圧を負電圧より正電圧に跳躍せしめるのである。第 8 圖はこの方法によつて撮つた雷電圧波の一例である。

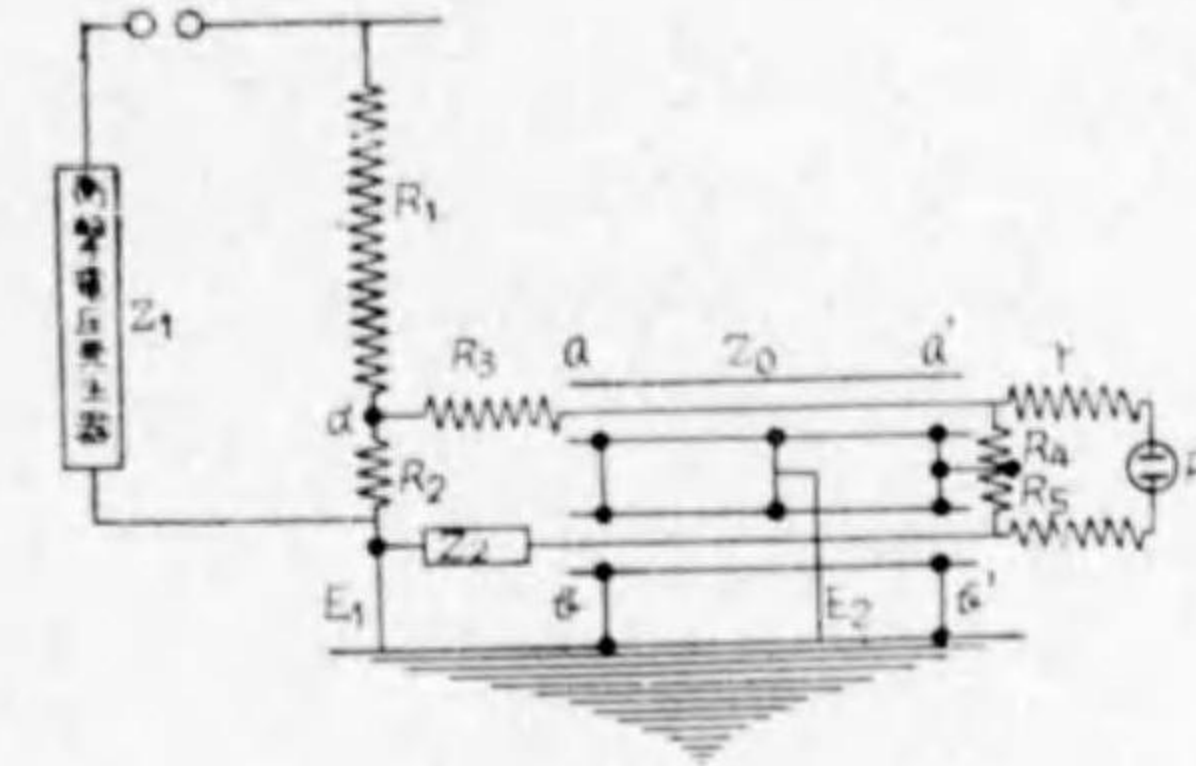
陰極線オシログラフはその使用法が適當でないとき著しい誤差を伴ふことがあるので、信頼度の高い測定結果を得んとする研究がなされてゐる。先づ陰極電圧の變動に依る誤差を防ぐ方法として笠井完、高岸英夫、只野文哉の 3 氏⁽¹⁹⁾ は唯一回の時間偏位が終了するまでの間に於て被測定電圧を発生せしむる直前の極めて短時間に時間偏位速度及び現象偏位感度の較正を記録せしめる同時更生回路を考案した。続いて橋崎治、宮本慶己兩氏⁽²⁰⁾ に依り更生用電極を使用する同時更正法が発表されたが、これ等の同時更生法は多素子型の出現と共にその存在意義を失つた。又オシログラフ偏位板の形状、配置及びこれに印加する電圧の非對稱性により、陰極線の通路に不整靜電界を生じ、偏位板間の電位差とオシログラム上の振幅とが比例せず誤差を生ずることがある。偏位板の最適形状については宮本慶己氏の論文⁽²¹⁾ があり、又不整靜電界による誤差とその軽減法については只野文哉氏⁽²²⁾ の實驗研究が發表されてゐる。

普通構造の陰極線オシログラフでは偏位板間の絶縁及び偏位感度の點から最大 5 kV 程度しか印加し得ない。従つて測定すべき衝撃電圧が數 10 萬から 2~3 百萬ボルトとなれば是非分壓器を用ひねばならない。この場合分壓器回路で分壓され測定回路を経て偏向板に加はる電圧波は、測定すべき原電圧波と全く同一波形を有し、その大いさの比即ち分壓比は電圧の大いさ、極性波形の如何に拘らず常に一定に保たれることが必要である。然るに分壓器及び測定回路の構成の如何に依つて、又電圧波の時間的變化が急峻な程偏位板に加はる電圧波形の變歪が著しく、撮影されたオシログラムに大きな誤差を生ずるから分壓器及び測定回路の構成に際しては深甚の注意が肝要である。分壓器の中最もよく使用される抵抗分壓器の波形變歪に於ては只野文哉氏が理論的實驗的に研究⁽²³⁾ してゐる。又同氏は分壓器低壓側とオシログラフ偏位板とを接続する測定回路に基く誤差を除去する爲對稱測定回路⁽²⁴⁾ を考案した。この方法は第 4 圖に示す如く分壓器低壓側から全く同一構造



第 7 圖
二素子オシログラフによつて
撮影せる自然雷電圧波形

同一長さのケーブル aa' , bb' で偏位板迄導き、このケーブルは衝撃電圧発生回路からこれに及ぼす電磁的並に靜電的誘導作用が全く等しくなる様に配置する。而して放電時に於ける大地電位の浮動を避ける爲、圖の接地点 E_1 及び E_2 から矢の方向に見た兩測定回路のインピーダンスが全く等しくなる様に諸定數を選んだものである。



第 8 圖

2. 異常電圧測定用衝撃電圧記録器に就いて^{(28)~(36)}

電氣映像を應用した衝撃電圧記録器は昭和 5 年以降毎年電力會社との協力による送電線異常電圧の實測に使用してゐるので、實際の見地より、從來不明瞭であつた映像の特性に關する研究を始め、装置自體の改良に關した研究を進めてゐる。先づ映像の電壓感度は實用上、略印加電壓の種類に無關係と看做し得る事、映像形状は略波頭によつて定まり且對數的波頭長に對して形状變化を分類し得る事、直列に小容量を結合した場合、即ち分壓器を併用した際の映像特性も略同一に取扱つて差支へなき事等を究明し映像の基本的性能を明らかにした。次いで從來のものに比して波形感度が良好且電氣容量小なる方向性映像及び波尾長をも記録し得る盃狀電極型記録方式等の考案をなし、又記録同時の日時分秒を同時に印寫するフィルム型速應自動式記録器、更にこれを簡易化した乾板型速應自動式記録器の試作を行ひ、線路の異常電圧及び避雷器の放電電流の實測等に活用してゐる。

次いでこれが實測に於て一般的に使用されてゐる碍子型分壓器の特性に關して實驗を進め、分壓倍率は大概低印加交流及び衝撃電圧に對し、何れも實用上略同一と看做し得る事、及び衝撃印加電圧の向上に連れ倍率は低下する事等を明らかにした。この結果定倍率値を用ひた較正電壓値は相當修正する餘地のある事が指摘される。その他實測に當つて屢々記録の鮮明度を妨げる交流定常像の除去方法としては、簡易な高抵抗分路方式を実施して良好な結果を収めてゐる。

引續き陰極線オシログラフを用ひて衝撃重疊電圧に對する映像特性に關する實驗を進めて居り、重疊映像は單一映像の電壓較正に從はない場合のあるのを見出してゐる。

3. 磁鋼片に就いて^{(37)~(40)}

磁鋼片による雷撃電流の實測は昭和 10 年以降毎年行つて居り、衝撃電圧記録器と同一

見地より研究を進めてみる。磁鋼片の磁化状態を検出し得る再生検磁法を考案し、該法を以て磁鋼片の衝撃磁化状態を考察した結果、渦流効果の存在する場合は端作用による渦流の増磁作用が存在する事実が明らかになった。又振動波に對し誤差少き酸化金屬磁鋼片、整流遮磁線輪附磁鋼片の試作研究をなし、その他直流磁界を擴大記録する偏極交流磁化方式、直接磁鋼片に電流を通ずる圓周磁化方式等の考察を行つた。

尙、雷撃鐵塔電流の實測に際して必要な山形鋼の等價電流中心に就き實驗的考察を加へ衝撃電流の場合は該電流中心は直流のそれに比べ、後退する傾向を示す事を明らかにした。

引續き簡易に雷撃電流の波形を測定する R 型磁鋼片の考察を進めて居り、既に部分的實測を開始して 2~3 の記録を得た。

4. 交流電橋その他^{(41)~(46)}

電氣試驗所第三部電力係に於ては送電線、通信線及び電氣機器の回路常數の實用的且正確な値を測定してこれ等の特性を明らかにし、その運用、設計及び保護設備の改良に資したが、各種實用的測定器の主なるものは次の如くである。

別宮貞俊、土手奎治、中村良之の 3 氏は抵抗及相互誘導を標準として用ふる交流電橋 2 種を考案した。その一は轉換器の切換へにより $0.01 \sim 108 \Omega$, $1 \mu\text{H} \sim 100 \text{H}$, $1 \mu\text{F} \sim 100 \mu\text{F}$ の如き廣範圍に互り抵抗、誘導、容量等を測定し得るもので特に送電線や接地板の定數測定に適する。又他のものは交流電位差計式電橋であつて大體上記と同様な性能を有する外周波數の測定も可能であり且交流電位差計としても用ひ得る特徴がある。同氏はこれ等測定器を用ひて本邦に於ける重要な送電線、通信線及び電氣機器の定數を測定し好結果を得た。土手奎治氏は又交叉線輪型電流計による指示型イムピーダンス計を試作した。これは既知抵抗及び蓄電器を標準とする比率計で、開閉器を切換へ 2 回の測定により被測イムピーダンスの同相分及び直角分を別々に指示せしめるものである。又同氏は 2 個の共振回路を相互誘導により結合しこれに熱型電流計を用ふる指示型波形分析器を設計し電力線に於ける高調波の測定に應用して好結果を得てゐる。その他周波數計、振動檢流計等の考案がある。

文 献

- (1) 別宮貞俊, 檜崎 治: 第 2 回電氣學會大會講演豫稿 (昭 2)
- (2) 別宮貞俊, 檜崎 治, 宮本慶巳: 電學誌 48, 796 (昭 3)
- (3) 笠井 完, 高岸英夫, 只野文哉: 第 4 回電氣學會大會講演豫稿 (昭 4)
- (4) 笠井 完, 高岸英夫, 只野文哉: 電學誌 49, 771 (昭 4)
- (5) 笠井 完: 電學誌 53, 922 (昭 8)
- (6) 笠井 完, 萩原四郎, 只野文哉, 吉田光二: 電學誌 54, 332 (昭 9)

- (7) 笠井 完, 佐藤一郎, 草野光男: 電學誌 56, 1125 (昭 11)
- (8) Kasai: Electrotechnical, Jr., Vol. 1, No. 3
- (9) 檜崎 治, 宮本慶巳, 越智雄吉: 電學誌 54, 584 (昭 9)
- (10) 内山武俊, 許 武雄, 荒井龍光: 電學誌 56, 1247 (昭 11)
- (11) 別宮貞俊, 檜崎 治: 電試研 249 (昭 4)
- (12) 檜崎 治, 宮本慶巳, 越智雄吉: 電試研 289 (昭 5)
- (13) 檜崎 治, 宮本慶巳: 電學誌 50, 154 (昭 5)
- (14) 檜崎 治, 宮本慶巳, 越智雄吉, 藤岡正吉, 江口榮太: 電學誌 53, 726 (昭 8)
- (15) 笠井 完: 陰極線オシログラフ(共立社) (昭 12)
- (16) 笠井 完: 電試研 335 (昭 7)
- (17) 笠井 完, 只野文哉, 吉田光二: 電學誌 56, 558 (昭 11)
- (18) 只野文哉, 吉田光二: オーム 23 (昭 11)
- (19) 笠井 完, 高岸英夫, 只野文哉: 電學誌 50, 795 (昭 5)
- (20) 檜崎 治, 宮本慶巳: 電學誌 50, 872 (昭 5)
- (21) 宮本慶巳: 電試研 240 (昭 3)
- (22) 只野文哉, 吉田光二: 第 15 回聯合大會豫稿 (昭 14)
- (23) 只野文哉, 第 15 回聯合大會豫稿 (昭 14)
- (24) 只野文哉: 電試彙 1, 669 (昭 12)
- (25) 檜崎 治, 宮本慶巳, 越智雄吉: 電試研 308 (昭 6)
- (26) 笠井 完, 萩原四郎, 只野文哉: 第 7 回聯合大會講演豫稿 (昭 7)
- (27) 宮本慶巳: 電學誌 56, 205 (昭 11)
- (28) 六角英通: 電試研 328 (昭 7)
- (29) 六角英通: 電學誌 54, 552 (昭 9)
- (30) 六角英通, 三田 昇: 第 8 回電氣學會大會豫稿 (昭 8)
- (31) 六角英通: 電評 22, 9 (昭 9)
- (32) 六角英通: 電評 23, 4 (昭 10)
- (33) 六角英通, 三田 昇, 中村良之: 電試彙 1, 7 (昭 12)
- (34) 第一雷害委員會: 協研彙報 13 (昭 12)
- (35) 六角英通, 三田 昇: 電評 25, 1 (昭 12)
- (36) 六角英通, 三田 昇: 電評 25, 1 (昭 12)
- (37) 六角英通, 三田 昇, 池田義一: 電試彙 2, 5 (昭 13)
- (38) 六角英通, 三田 昇, 池田義一: 電試彙 2, 9 (昭 13)
- (39) 六角英通, 三田 昇, 池田義一: 電試彙 3, 2 (昭 14)
- (40) 六角英通, 三田 昇, 中村良之: 電試彙 4, 8 (昭 15)
- (41) 別宮貞俊, 土手奎治, 中村良之: 電試研 244 (昭 4)
- (42) 別宮貞俊, 土手奎治, 中村良之: 第 4 回電氣學會大會豫稿 (昭 4)
- (43) 別宮貞俊, 土手奎治, 中村良之: 電試研 285 (昭 5)
- (44) 別宮貞俊, 土手奎治, 中村良之: 第 5 回電氣學會大會豫稿 (昭 5)
- (45) 六角英通, 土手奎治, 中村良之: 電試研 310 (昭 6)
- (46) 土手奎治, 中村好之: 電試研 357 (昭 9)

第 10 節 誘導障害防止

1. 電力線による誘導障害の問題

(1) 研究の沿革概要 電力線が通信線に及ぼす電気擾乱作用の諸性質及びその防止対策の研究調査に關しては我が國に於ては古くから一貫した努力が行はれて來た。畢竟するに我が國の地勢關係が電力線と通信線の接近を餘儀なくせしめ、勢ひ本問題研究の重要性を痛感せしめたからであらう。文献に現はれた跡を辿つて見ても明治中期發刊の電氣學會誌に既に注目すべき論文が引續いて發表されてゐる。電氣試験所に於ける研究の足跡を回顧して見ると逸早く工藤正平、別宮貞俊兩氏による過度電磁誘導作用に關する實驗的研究⁽¹⁾が報告されてゐる。これは大正 10 年 6 月より 8 月に亘つて猪苗代水力電氣株式會社の送電線中古河一田端より 51.9 km の間を誘導線とし、それと大體 100 m の間隔で併行してゐる同社の電話線に就いて行つた實驗を示してゐる。電話線は栗橋一田端間 46.6 km である。實驗の結果より中性點と大地との間に高い抵抗(實驗には 330 Ω の水抵抗を使用してゐる。)を挿入しても線地氣により危険な過渡電壓は生じないと結論してゐる。

然し、電氣試験所に於て行はれた組織だつて一貫せる誘導問題の研究は密田良太郎、笠井完兩氏⁽²⁾にその端を發した相等大地面なるものを用ひる誘導電壓算定法であつて、これは金谷一秀氏^{(3)~(5)}等によつてその衣鉢がつかれ、低周波誘導電壓算定に關して大なる貢獻をなしつつ、最近その研究に一段落をつけたのである。

金谷一秀氏による上記研究の副的の所産として地質と導電率の關係⁽⁶⁾等も大いに闡明せられたことは注目せられる。

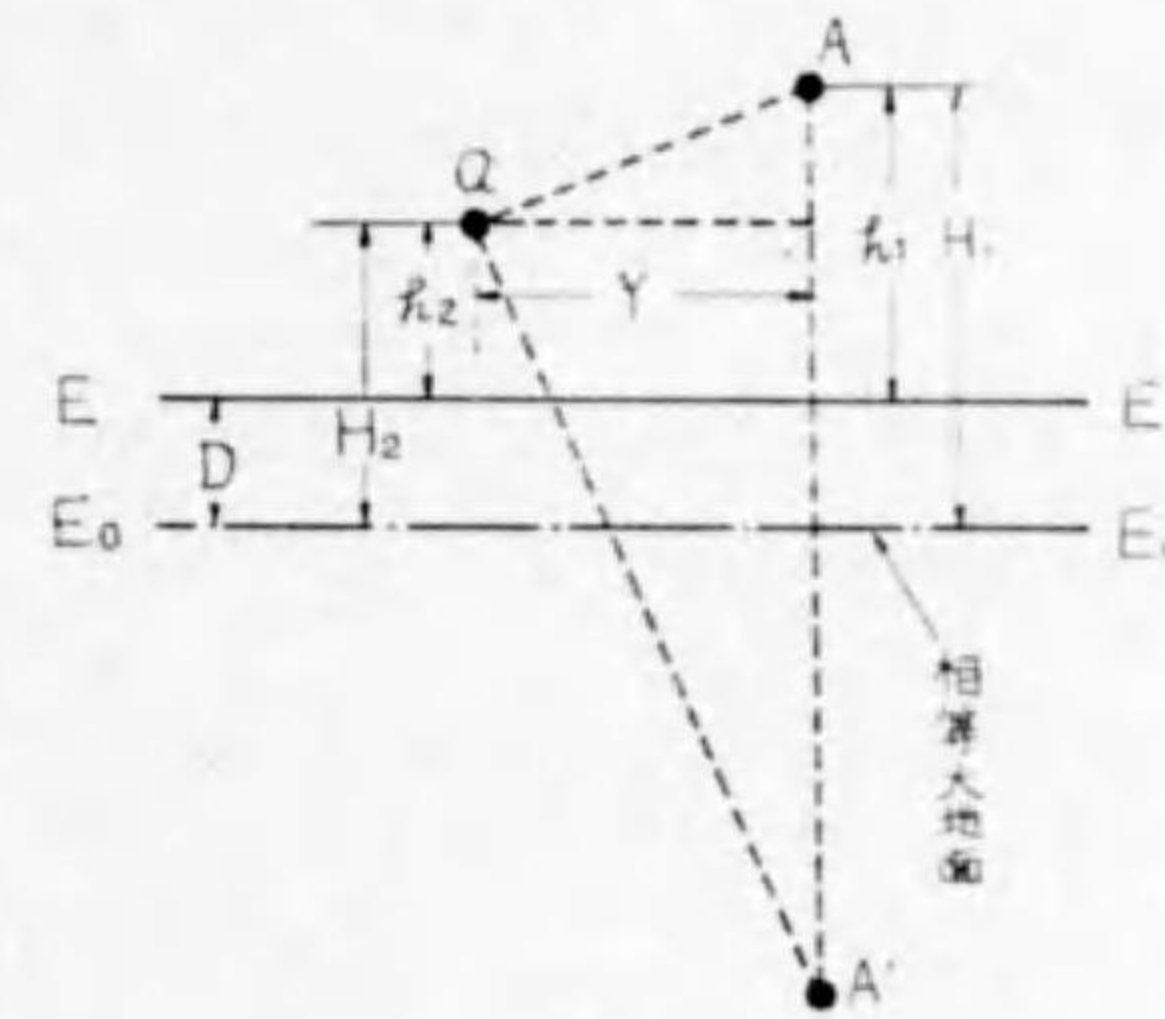
その他誘導電壓除去方法等についても研究が重ねられ、その成果は真空管型誘導電壓中和裝置⁽⁸⁾となつてあらはれ、參宮急行電氣鐵道の列車制御時の急激な電流變化に基因して附近の逓信省電信線に生ずる過渡的誘導作用を防止するために試みられ、優秀な成果を得た。

尙昭和 3 年 8 月には電氣學會及び電信電話學會により誘導障害防止研究委員會が設置せられ、昭和 8 年 11 月には更に逓信省工務局、電氣局(電氣廳)、電氣試験所、各大學その他を綜合する共同研究調査機關である所の電氣通信技術委員會が設置せられた。これらの委員會の事業に對する電氣試験所の寄與は、誘導障害防止研究委員會調査報告⁽¹²⁾及び電氣通信技術委員會調査研究紀要として詳細報告され來つた所である。

以上を要するに電氣試験所は 50 年の長年月に亘つて常に指導的役割を果しつつ、我が國誘導障害防止研究に參畫し來つたと云ひ得るのである。

發表せられた總ての論文について一々これを採上げて紹介することは不可能であるし、又その必要もあるまい。唯研究が如何なる線に沿ふて行はれ來つたかを示すに足る重要な研究成果について次節に稍詳細に紹介することにしよう。

(2) 架空電線路相互間の電磁誘導電壓の算定に關する研究 相當大地面なるものは大地が完全導體でない爲に生ずる電磁誘導電壓算定の困難を除去せんとする目的で使用されるものである。即ち大地は有限な導電率を有するが故に大地を歸路として使用する電氣回路にあつては電流は大地中に相當廣範圍の空間に擴がつて流れる。大地の導電率悪く、電流の周波數低き場合に於て特に然りとする。かくの如く大地空間中に廣く擴がる電流分布は電磁誘導電壓算定を著しく困難ならしめるのである。そこでこの流線分布を集中した一本の等價的流線によつて代置しようとするのである。これは完全導體平面上にある電線による作用を電線と平面に對する電線の影像とによつて代置せんとする考へに似たものであるが、この場合は上の完全導體平面に相當する平面、即ち實在の電線とその影像とを結ぶ線分を二等分する平面は、大地を完全導體と考へた場合には勿論大地表面自身であるが大地が有限の導電率を有する場合には地表面より多少深い處にあるべきである。この様な平面のことを相等大地面と名付けるのである。次に相等大地面を用ひる電磁誘導電壓算定法を述べる。



第 1 圖

第 1 圖の如く地上に互に並行して A なる電力線と a なる通信線が地表面に並行して走つてゐるものとし、相等大地面 E_0E_0 に對する A の影像を A' とする。然るときは被誘導電壓 V は單位長當り

$$V = 2 I \omega \log \frac{A' a}{A a} \dots\dots\dots (1)$$