

国 鉄 信 濃 川 送 電 線 用

送 電 線 故 障 点 標 定 器 の 人 工 故 障 試 験

森 尻 陽 松* 笈 川 俊 雄** 平 井 善 一 郎***

Field Test of Transmission Line Fault Locator Installed at
the Senju Power Station, National Railways

By Yōmatsu Morijiri

National Railways

Toshio Oikawa

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Zen'ichirō Hirai

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The location of fault point on transmission line has been greatly facilitated since the utilization of radar principle for this purpose become possible.

Hitachi, Ltd. recently completed a transmission line fault locator on the Braun analyzer system, which makes use of D.C. pulse. The locator was installed at the National Railways' Senju Power Station to serve the 140 kV Shinano-gawa Transmission Line. This locator functions in such a manner that it gives D.C. pulse of around 1 μ s tail length to the transmission line through coupling condenser 2,000 PF. The pulse travelling to the fault point is reflected to the locator, taking some length of time, hence the distance to the fault point can be known by measuring how much time did the pulse take in its going and returning. Following the above accomplishment, Hitachi has designed and completed a unique locator on parallel-line parallel shooting, 6-line simultaneous receiving method which has brought a remarkable improvement for the locating characteristics of the device in the supervision of whole length of transmission line. At the same time, a porcelain type voltage divider became available for receiving with the completion of Hitachi's unique system. The latest locator is specified for the locating range of about 150 km, and the tolerance not exceeding 1 span iron tower.

The writers report in detail the results of the artificial line fault test carried out in the last October.

〔 I 〕 緒 言

国鉄の信濃川送電線は、千手発電所と武蔵境変電所を結ぶ亘長約 192 km の 140 kV 並行 2 回線で、国鉄電化

* 日本国有鉄道公社

** 日立製作所日立研究所

*** 日立製作所日立国分分工場

の大動脈である。従つて無為な停電は瞬時たりとも許されない重大な使命をもっている。しかるに本線は清水峠を始めとして、幾多の山岳地帯を横断しているので、数メートルに及ぶ積雪や、被雷による事故は避け難く、加えて事故点の発見は地形に災されて相当時間を要し、復旧作業のための停電時間も長くかゝっている。

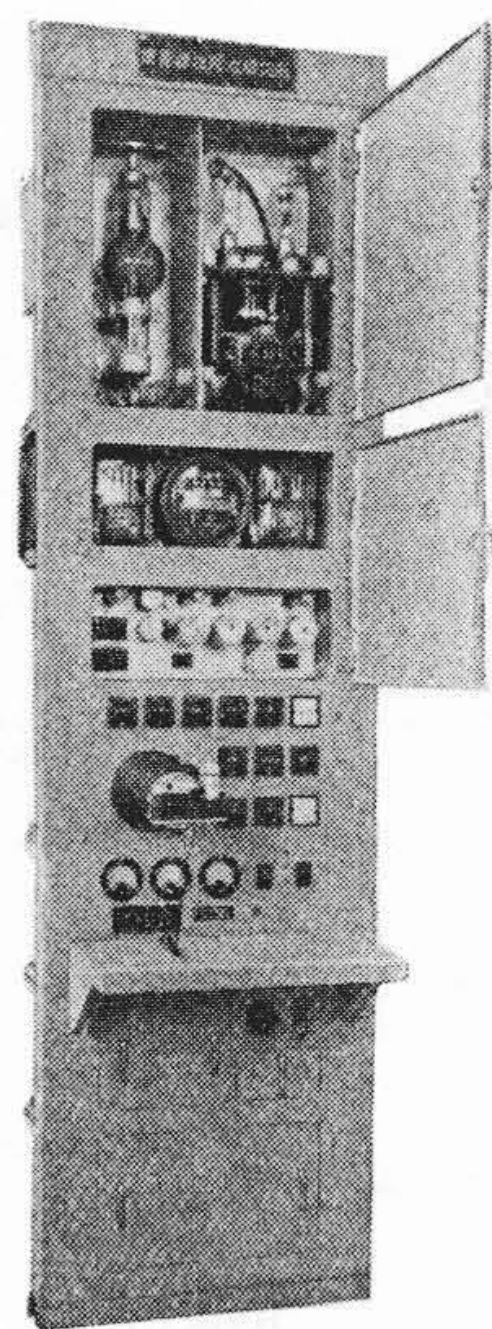
今回これが対策の一助として、千手発電所に日立製作所製 F 型送電線故障点標定器を設置した。本装置は現地に於ける基礎試験により得られた貴重なデータを参照して、入念に設計製作されたもので、昭和 28 年 10 月に据付を完了し、引続き人工故障試験を遂行して、その性能を検討した。

本試験の結果は予期の如く好成績を収めることが出来、特に異常雑音の発生中にも或る程度標定の可能なことが確認されたことは繰返しパルス、アナライザブラウン管方式の特長とその実用性が遺憾なく発揮されたものといえよう。

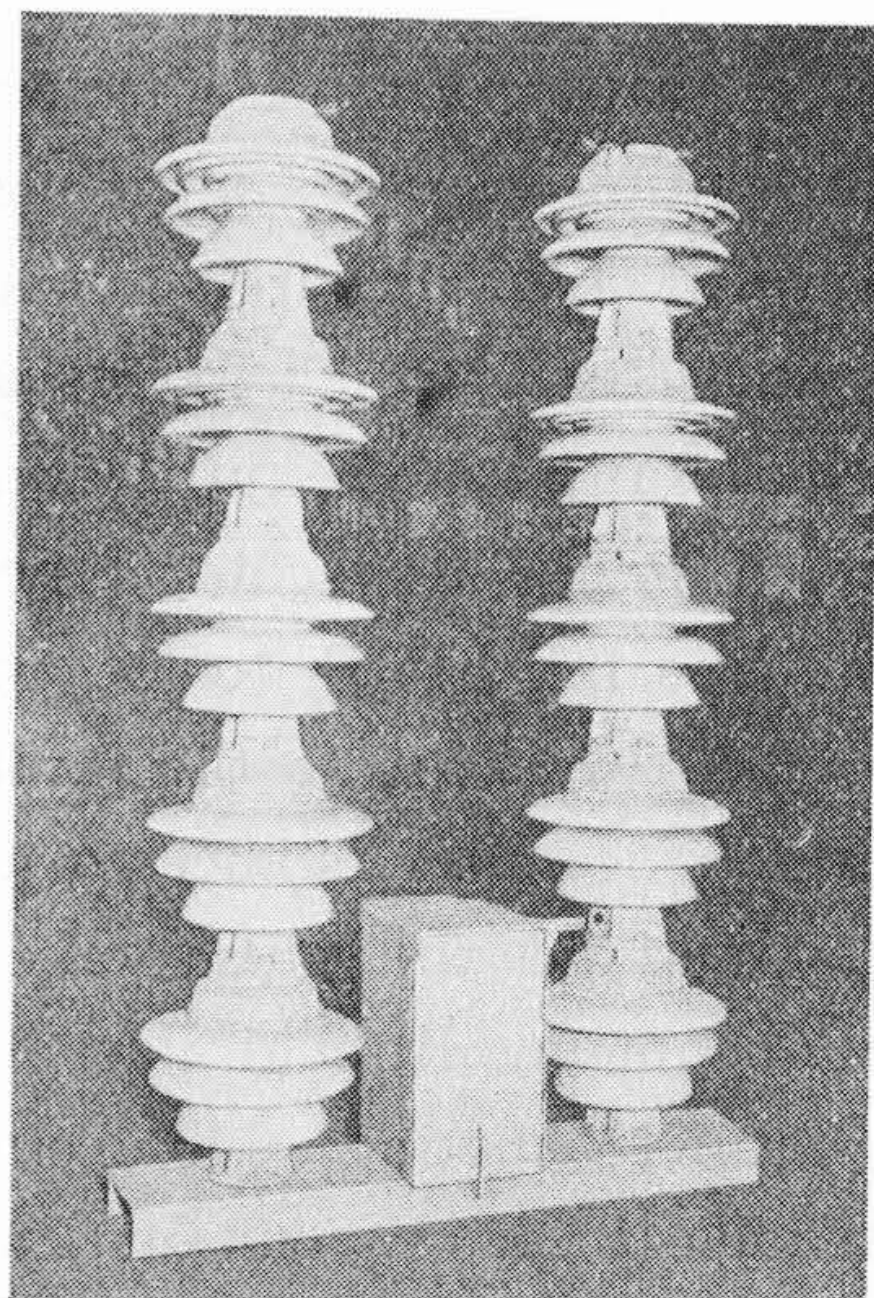
〔II〕 送電線故障点標定器の概要

本装置の概要に就いては既に発表⁽¹⁾されているので、要点のみを摘記する。

1. 構造.....日立配電盤型
(幅 700 mm, 高さ 2,350 mm)
2. 方式.....F 型
(繰返しパルス, ブラウン管, アナライザ式)
3. 標定相数.....六相 (並行 2 回線)
4. 最大標定距離.....約 150 km
5. 標定精度.....100 km に対し ± 1 km
6. 起動要素.....零相電圧
7. 印加パルス.....D.C. パルス
8. 印加電圧.....公称 5,000 V
(3,000~7,000 V タップ切替可能)
9. 印加パルス幅.....1~2 μ s
10. 反射パルス最低電圧.....100 V
11. S/N.....6 db 以上
12. 受信器利得.....最大 20 db
(但し結合装置を含む)
13. 記録方式.....写真撮影式
14. 電源.....A.C. 100 V 50~
D.C. 110 V (所内電源)
15. 附属品
 - (a) 六相分.....チョークコイル 200 μ H
(パルス阻止用)
 - (b) 六相分.....結合碍子分圧器
(保護筐を含む)
 - (c) 1 式....ポリエチレン充実型高周波ケーブル及びポリエチレン絶縁電線 (送信印加用 2 回線分)
 - (d) 六相分....ポリエチレン充実型高周波ケーブル (受信引込用)
 - (e) 1 式....同上ケーブル終端及び中間接続器



第 1 図 送電線故障点標定器
Fig. 1. Transmission Line Fault Locator

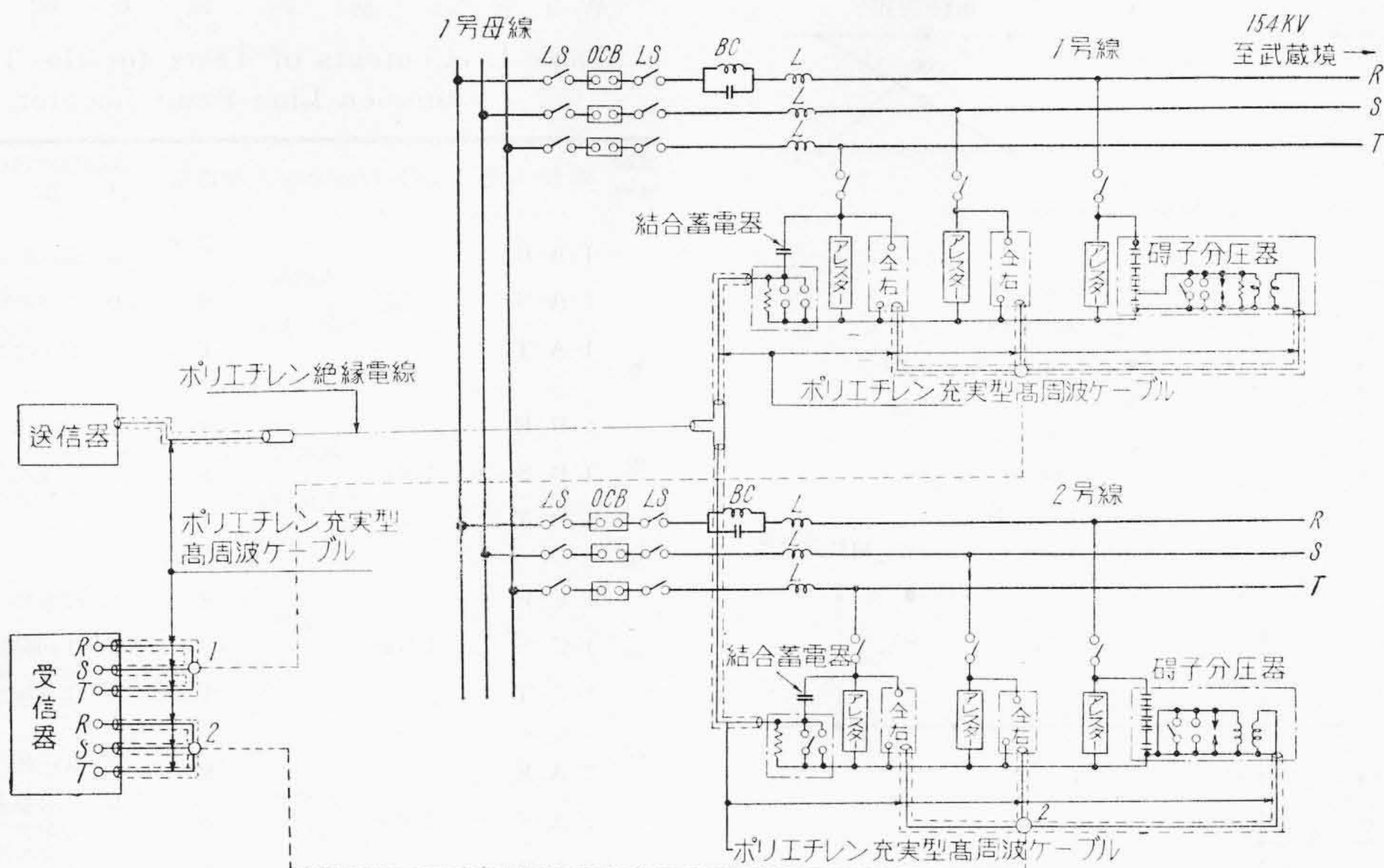


第 2 図 碍子分圧器
Fig. 2. Porcelain Type Voltage Divider

本装置並びに碍子分圧器の外観を第 1 図及び第 2 図に示す。

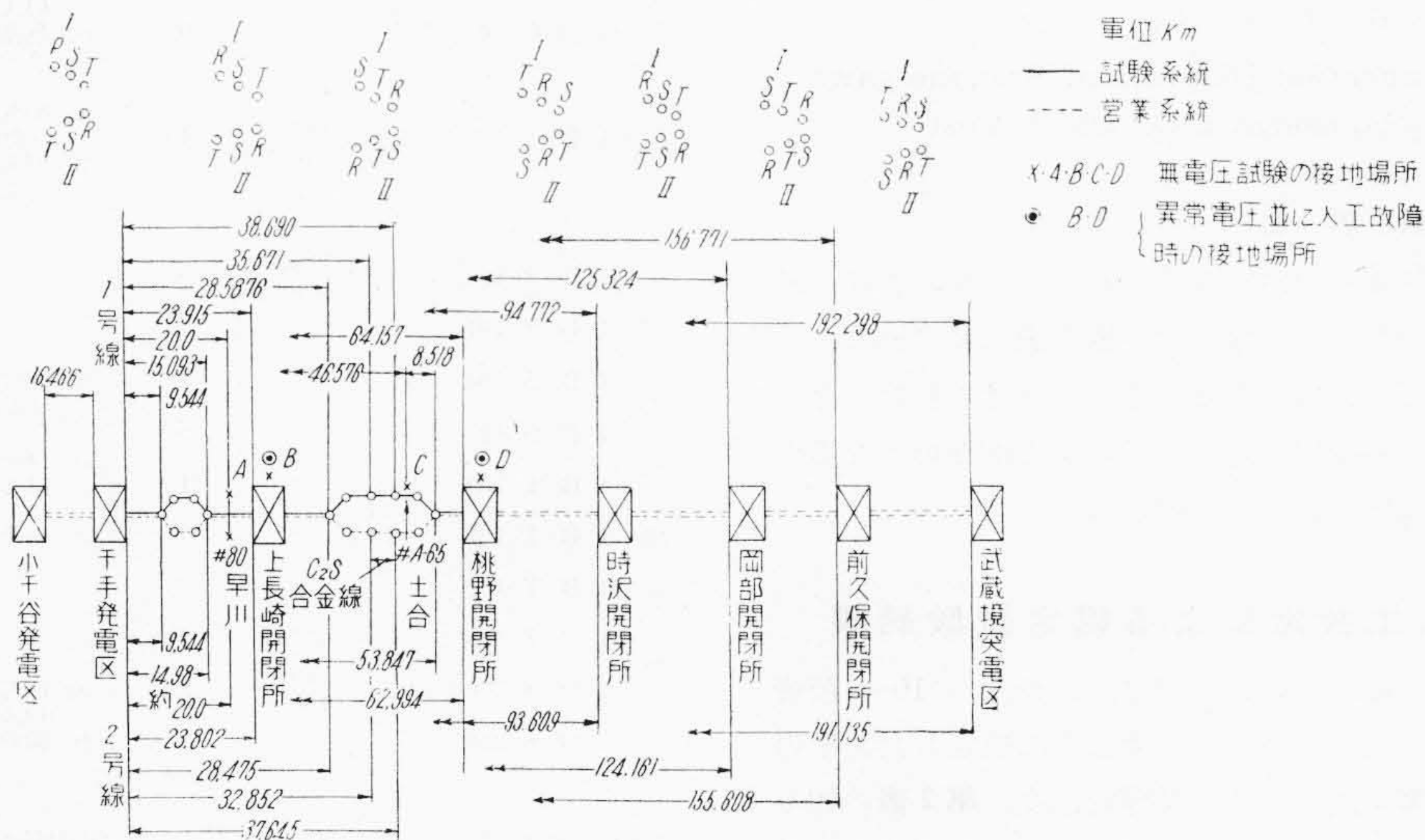
各結合機器の配置は第 3 図の如くである。なお本装置は下記の点に考慮が払われている。

- (1) 信濃川送電線は大部分が 2 回線鉄塔であるが山岳地帯の横断部中 1 回線鉄塔となつているところが 2 区間ある。この区間の六相標定を確実にするため送信パルスを、1, 2 号線の T 相に同時印加し、受信は六相より同時受信する方式を採っている。
- (2) 六相よりの同時受信を簡易に行うため、碍子分圧器を効果的に使用している。



第3図 結合機器の接続図

Fig. 3. Schematic Diagram of Coupling Devices for the Type F Transmission Line Fault Locator



第4図 信濃川送電線の撚架並びに距離図

Fig. 4. Transmission Arrangement and Distance of Conductors of the Shinano-gawa Transmission Line

〔III〕試験計画

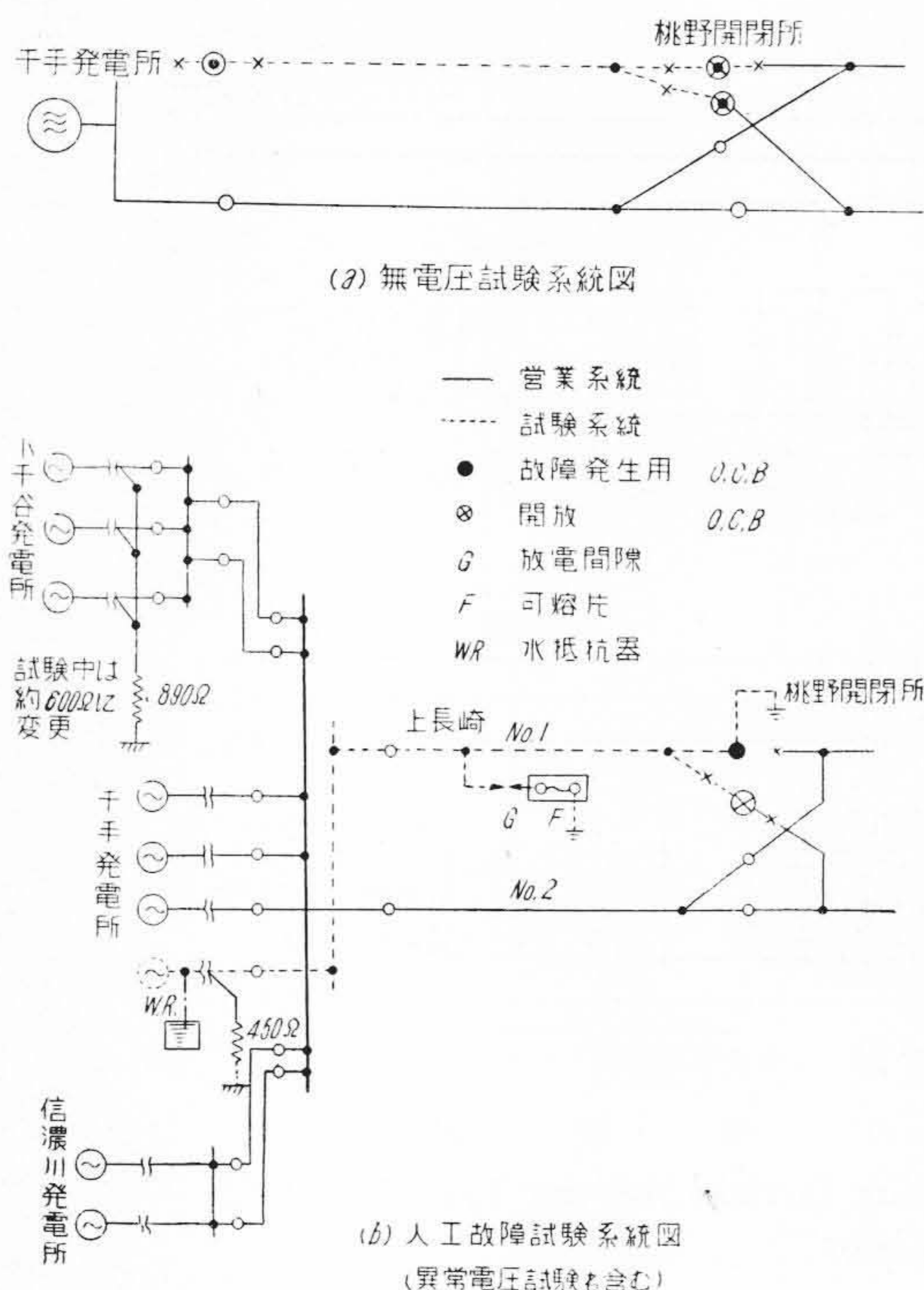
(1) 試験系統

信濃川送電線の撚架の関係及び各区間の距離を第4図に示す。試験区間は千手発電所から桃野開閉所迄とし、図中点線で示したのは試験中の営業送電系統である。故障発生地点及び千手発電所からの距離も併せて同図に明

示した。

又第5図(a, b) (次頁参照) は無電圧試験並びに人工故障試験時の系統図で、人工故障試験時の電源容量及び負荷は下記の通りである。

電源容量.....千手 31,000 kVA×1
負荷.....千手 約 5,000 kW
なお負荷としては千手の水抵抗器を使用した。



第5図 試験系統接続図

Fig. 5. Connection Diagram of Shinano-gawa Transmission Line under Test

(2) 試験項目

実施された試験の内容は時間の都合により、当初の計画と若干異なつたものとなつたが第1表に示す通り、想定し得るすべての条件を網羅するよう考慮された。なお人工故障試験は系統内の各機器に対する衝撃の大なる事を慮り、系統電圧を定格の80%に下げて行つた。

〔IV〕人工故障による標定試験結果

人工故障による標定試験結果は故障時間が10〜前後の短時間であつたにもかかわらず確実に標定した。その記録の一部を第6図に示す。又標定精度は第2表の如く必ずしも国鉄の距離表と一致してはいないが標定したときの偏差及び最大誤差は上長崎開閉所(23.915 km)に対し、偏差 -1.15 km, 誤差 ±0.25 km, 桃野開閉所(64.157 km)に対し、偏差 -1.6 km, 誤差 ±0.2 kmであつた。

なお本試験に際し、上長崎開閉所にて異常電圧測定用に挿入した1,000PF電話用結合蓄電器より発生した異常雑音により、反射パルスの映像が不明瞭になつたので、試験中にこの結合蓄電器を取外し、以後明確な像を記録することが出来た。而してこの異常雑音の発生中は搬送電話も甚しく妨害された。この異常雑音に就いては第2表

第1表 試験内容対照表

Table 1. Contents of Tests for the Transmission Line Fault Locator

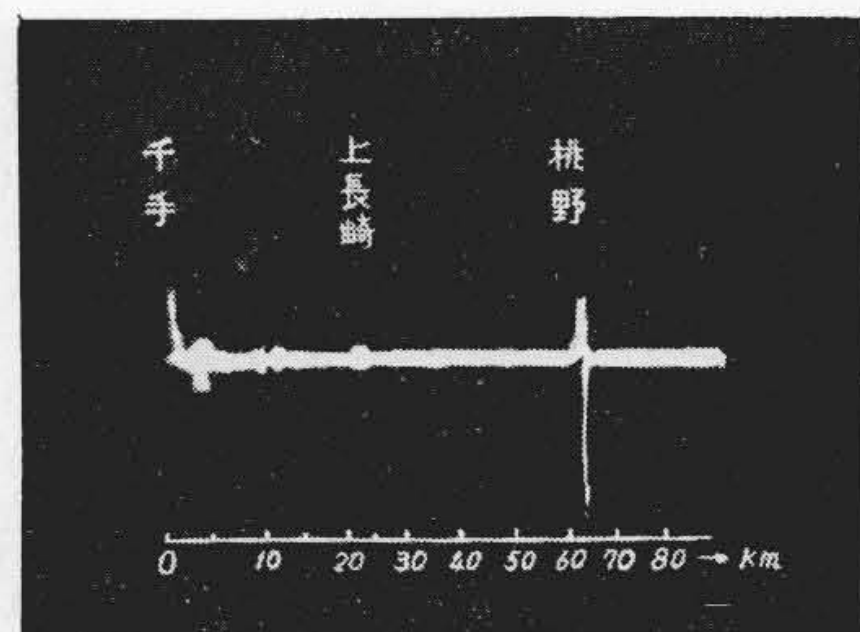
試験種別	試験番号	試験回線	故障地点	故障相	故障発生法並びに試験計画理由
無電圧試験	1-A-R	1号線	A地点 (早川)	R	a. 接地棒にて直接接地
	1-A-S			S	b. 2回線鉄塔区間に於いて線路中間にて固定反射なき地点
	1-A-T			T	
	1-B-R	1号線	B地点 (上長崎)	R	a. 接地棒にて直接接地
	1-B-S			S	b. 人工故障試験の資料と比較のため
	1-B-T			T	
	1-C-R	1号線	C地点 (土合)	R	a. 接地棒にて直接接地
	1-C-S			S	b. 1回線鉄塔区間に於いて、線路中間の固定反射なき地点
	1-C-T			T	
	2-A-R	2号線	A地点 (早川)	R	a. 接地棒にて直接接地
	2-A-S			S	b. 1号線A地点と同様の理由の外は1号線と2号線との比較のため
	2-A-T			T	
異状電圧試験	1-D-T-1	1号線	D地点 (桃野)	T	a. 30% 電圧にて #211 O.C.B. で直接接地 b. 異常電圧の程度を検する
	1-D-T-10			T	
	1-D-R-10			R	a. 80% 電圧にて #211 O.C.B. で直接接地 b. 異常電圧の程度を検する
	1-B-T-1	1号線	B地点 (上長崎)	T	a. 80% 電圧にて Gap + Fuse にて接地 b. 線路電圧を徐々に上昇して閉絡させる
	1-B-R-100		B地点 (上長崎)	R	
	1-B-R-101			R	
	1-B-S-100			S	a. 80% 電圧にて Gap + Fuse にて接地
	1-B-S-101			S	
	1-B-T-100			T	b. 線路電圧を徐々に上昇して閉絡させる
	1-B-T-101			T	c. 瞬時標定性能の確認
	1-B-T-102			T	
	1-B-T-103			T	
人工故障試験	1-D-S-200	1号線	D地点 (桃野)	S	a. 80% 電圧にて #211 O.C.B. で直接接地
	1-D-S-201			S	b. 瞬時標定性能の確認

に記してあるが、雑音発生時にも或る程度の標定が出来たことは、ブラウン管アナライザ方式の特長を十分に立証したものと見える。

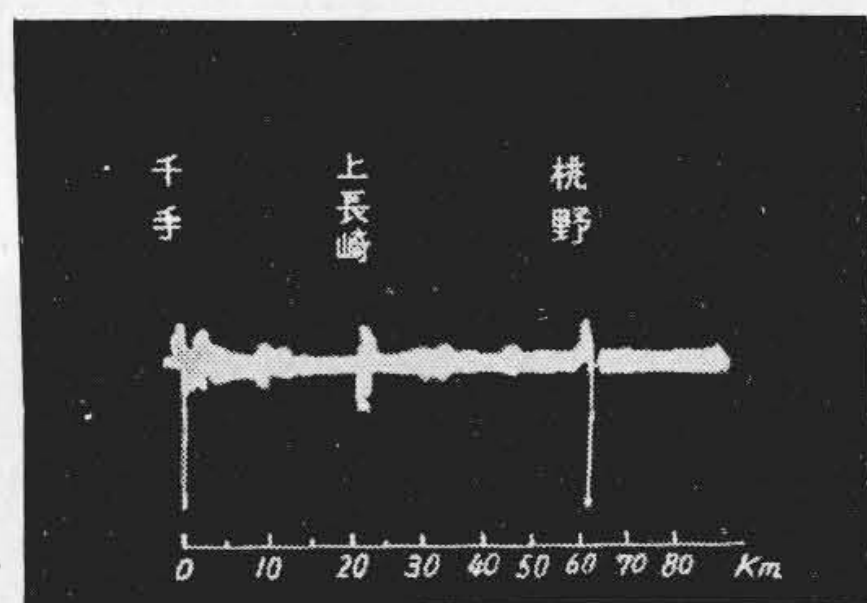
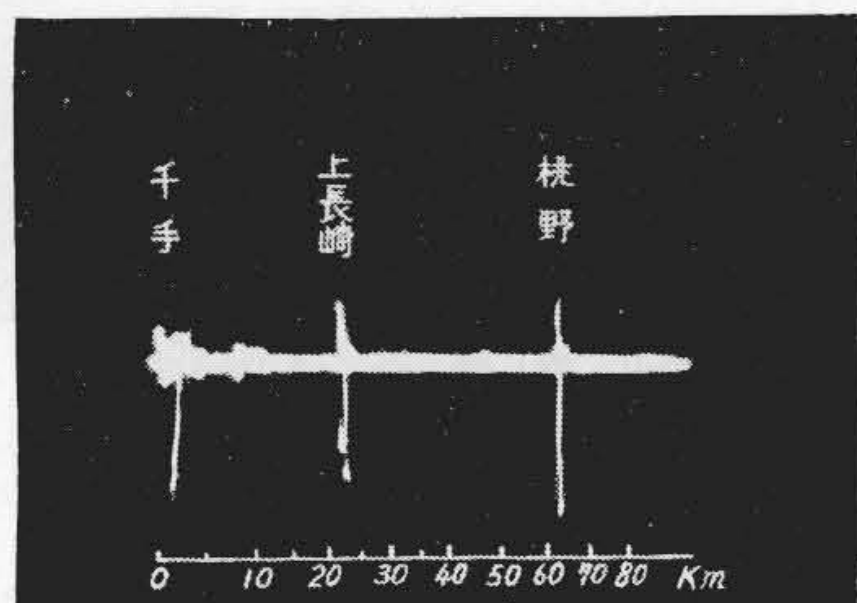
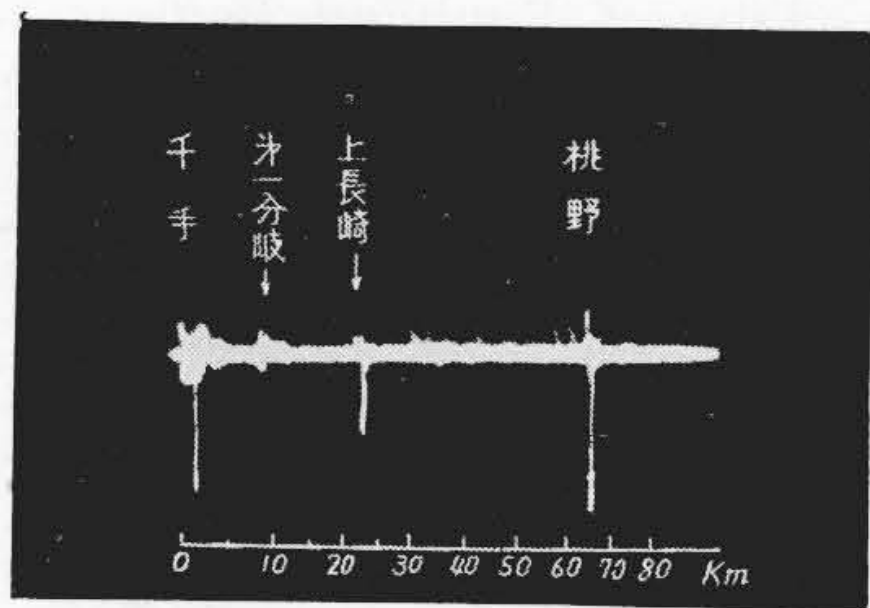
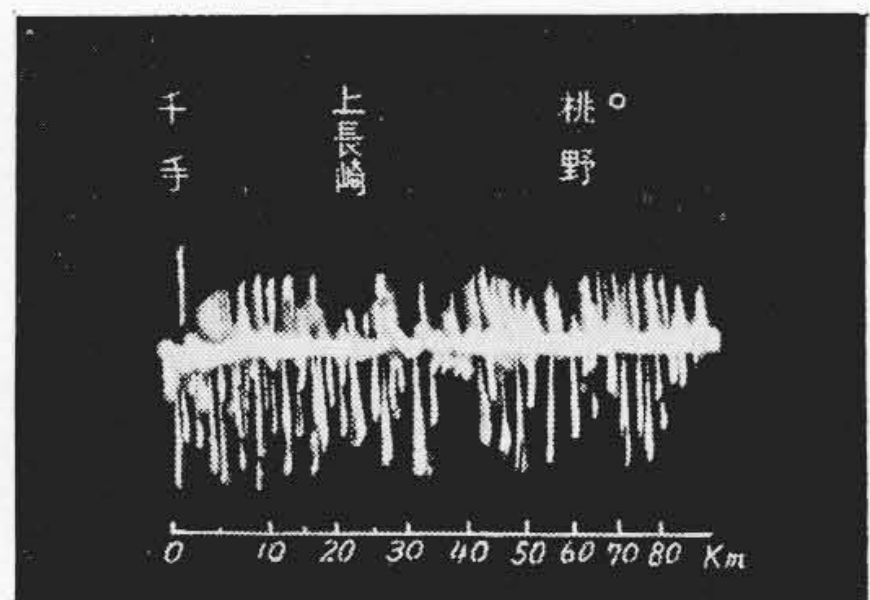
以上の記録を無電圧試験中の記録と比較して見ると、線路雑音並びに故障反射パルスのレベルが僅か大きい程度で、本線路の諸特性に就いては無電圧試験の記録より判定して大差ないことが確められた。

〔V〕基礎試験結果並びに検討

線路の減衰特性は勿論、今回始めて採用した受信方式及び結合方式等に関する基礎的な試験が人工故障試験に



(a) 健全時


 (b) 試験番号 1-B-R-100
上長崎 R 相接地

 (c) 試験番号 1-B-T-103
上長崎 T 相接地

 (d) 試験番号 1-D-S-201
桃野 S 相接地

 (e) 試験番号 1-B-S-201
上長崎 S 相接地 (異常雑音甚しい一例)

 第6図 人工故障試験オッシログラム
Fig. 6. Oscillograms of Artificial Line Fault Tests at Shinano-gawa Transmission Line

第2表 人工故障試験の結果一覧表

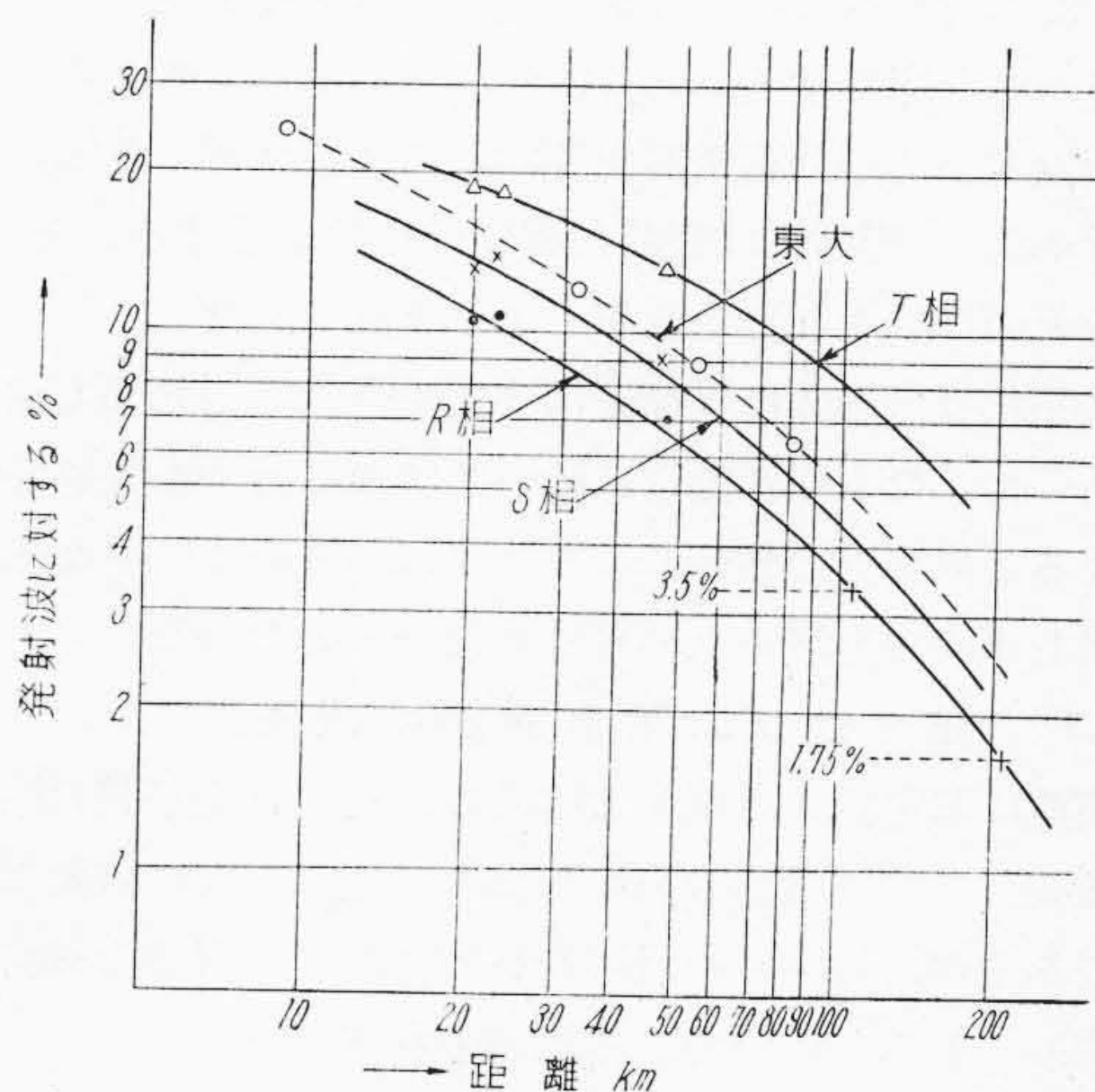
Table 2. Results of Artificial Line Fault Tests at Shinano-gawa Transmission Line

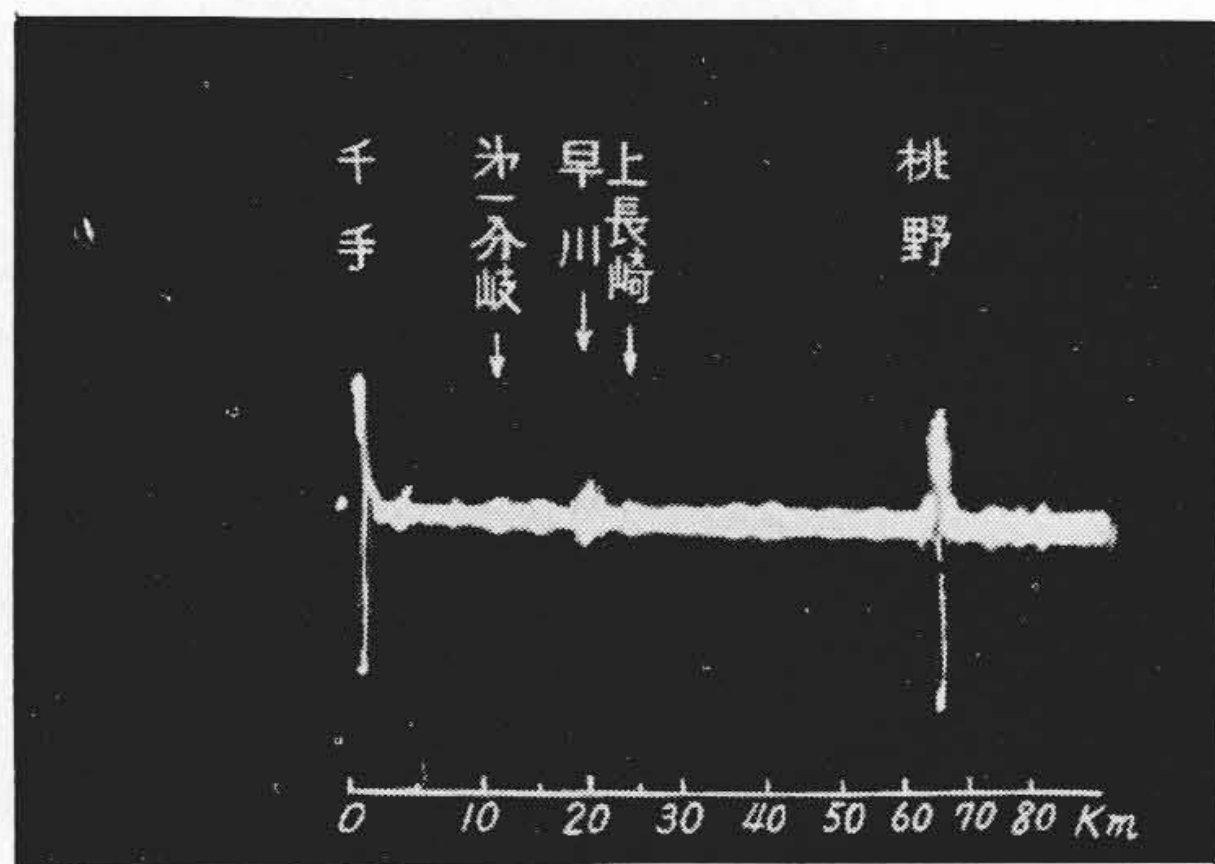
試験番号	上長崎 (km)	桃野 (km)	備考 (雑音の程度)
1-B-R-100	22.5	62.7	殆どなし
1-B-R-101	23.0	—	雑音多し
1-B-S-100	23.5*	62.5	雑音多し
1-B-S-101	23.0	62.3	雑音多し
1-B-T-100	23.0	62.5	割合少し
1-B-T-101	—	—	甚大
1-B-T-102	22.5	62.5	雑音原因除去
1-B-T-103	22.5	62.5	
1-D-S-200	—	62.5	
1-D-S-201	—	62.5	
最大最小の差	0.5	0.4	* 印記録は除外する
距離表の値	23,915	64,157	
距離表との差	0.9~1.4	1.8~1.4	

先立つて実施された。特に結合機器の効率に就いては今まであまり明らかにされていないので、このような部分に就いても綿密な試験を行い、定量的な資料を得ることができた。

(1) 信濃川送電線の標定パルス伝播特性

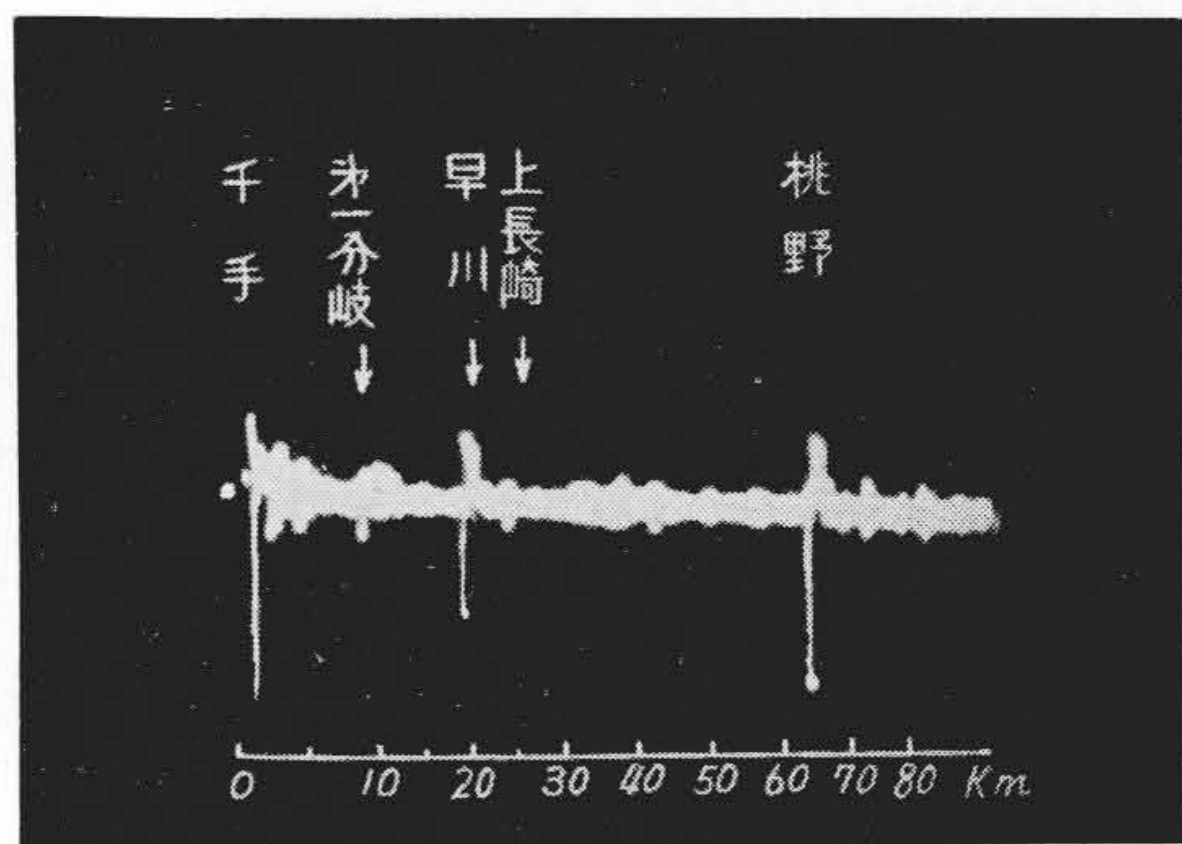
線路のみのパルス伝播特性を信濃川線に就いて実測した結果を第7図に実線で示した。なお同図に東大藤高教授が発表された各地の実測に基づく総合結果の一例⁽²⁾を点線にて示したが、本線路では相別の差異程度で大きい差は認められなかった。同図から本装置に許される最低反射入力地点、即ち標定可能範囲は桃野開閉所及び岡部開閉所に於ける損失を考慮しても約 150 km 位と推定される。


 第7図 標定パルスの伝播特性
Fig. 7. Propagating Characteristics of Locating Pulse at Shinano-gawa Transmission Line

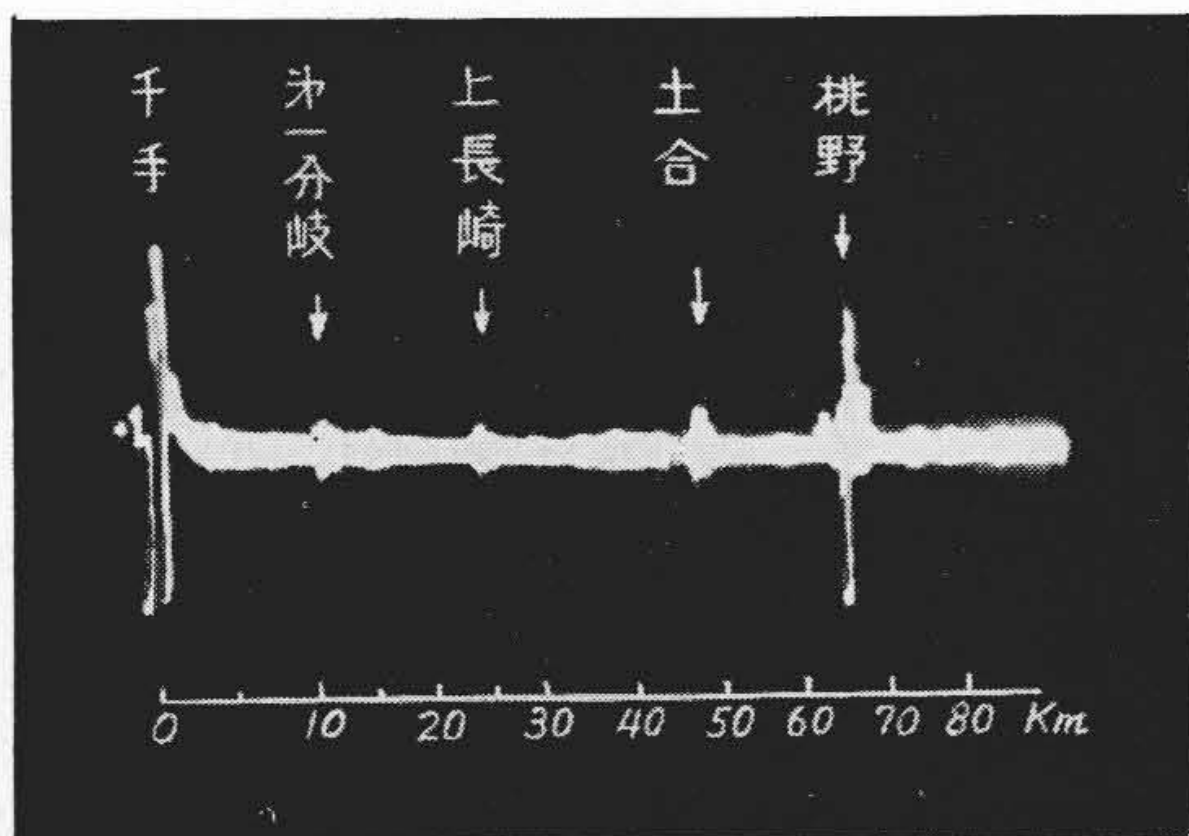


T 相 (印加相) 受信

(a) 1 号線早川 R 相接地

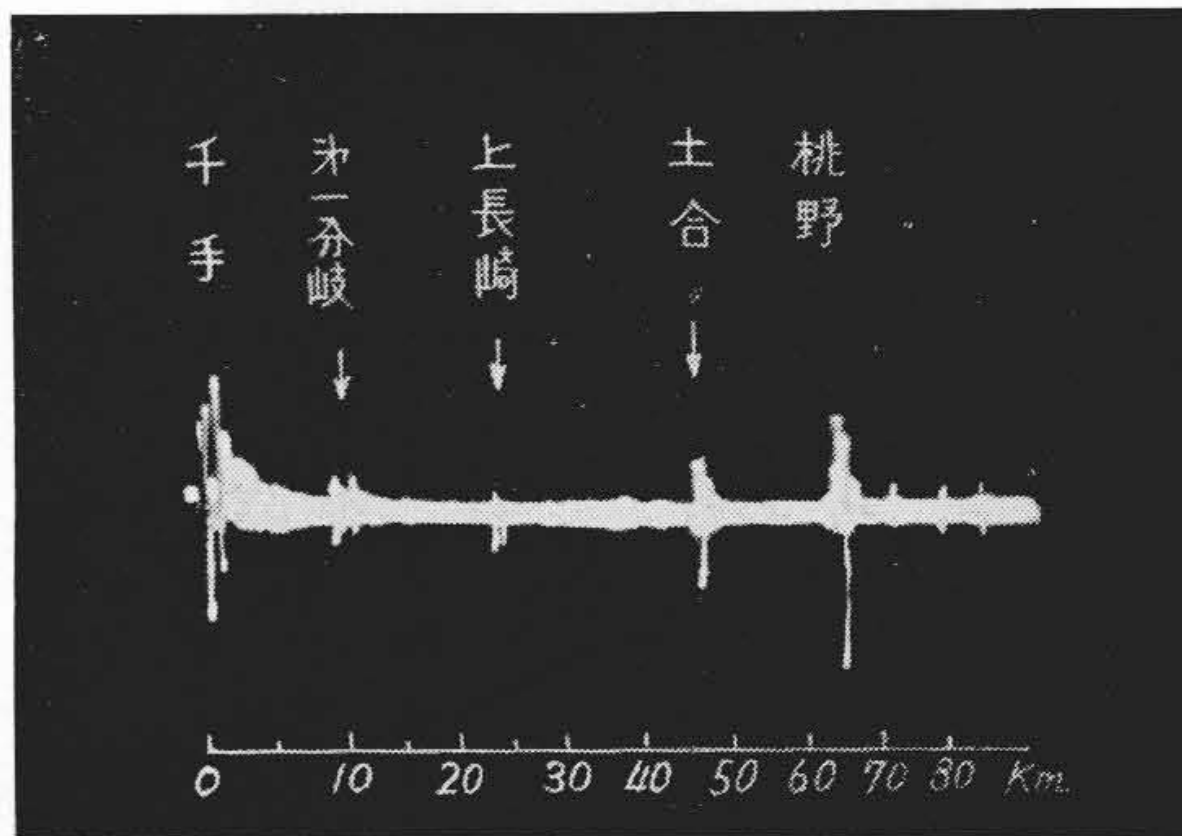


3 線同時受信



T 相 (印加相) 受信

(b) 1 号線土合 S 相接地



3 線同時受信

第 8 図 1 線受信と 3 線受信の比較

Fig. 8. Comparison of Receiving Method between One Line and Three Line System

(2) 受信方式に就いて

既に述べた如く、本線路の特殊性を考慮して 1, 2 号線 T 相印加, 6 線同時受信を行つたが第 8 図に示す如く結果は極めて良好であつた。この受信方式の成功により、従来一部に行われていた標定に先立ち故障相を選択して送信パルスを印加すること及び同相から受信するための継電装置並びに結合蓄電器を各相毎に設備すること等の無駄を排除し、受信には簡易な碍子分圧器を設けることで、十分その目的を達せられることが立証された。

又多相受信と共に平衡受信方式を併用した効果も顕著であつた。なお平衡受信に就いては別に行つた遅延掃引による反射波形の観測により、更に特性のよい平衡法を見出し本方式発展のための貴重な資料となつた。

(3) 結合並びに附属機器の損失

実際に標定器を計画する場合に、装置と線路間の結合装置並びに附属機器の損失を知つて置くことは重要なことであるが、従来この点に就いてはあまり明確な資料が得られておらないので、特に測定を行つた。

この結果は第 3 表に示してある。同表にて明らかな如く、いままで碍子分圧器は損失が大きくて使用できないと考えられていたが、合理的なインピーダンス整合を行えば、実用上差支えない程度の損失で約 150 m 離れた受

第 3 表 結合機器の損失一覧表

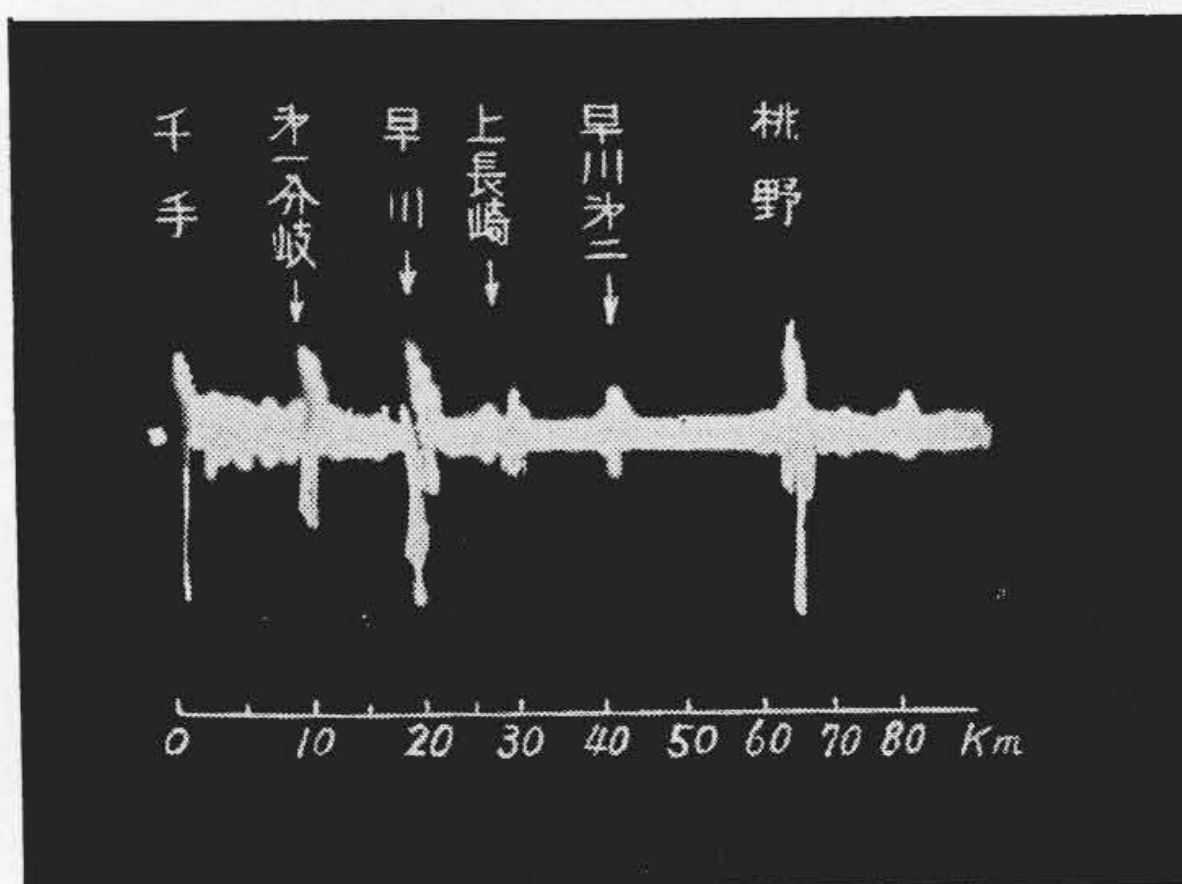
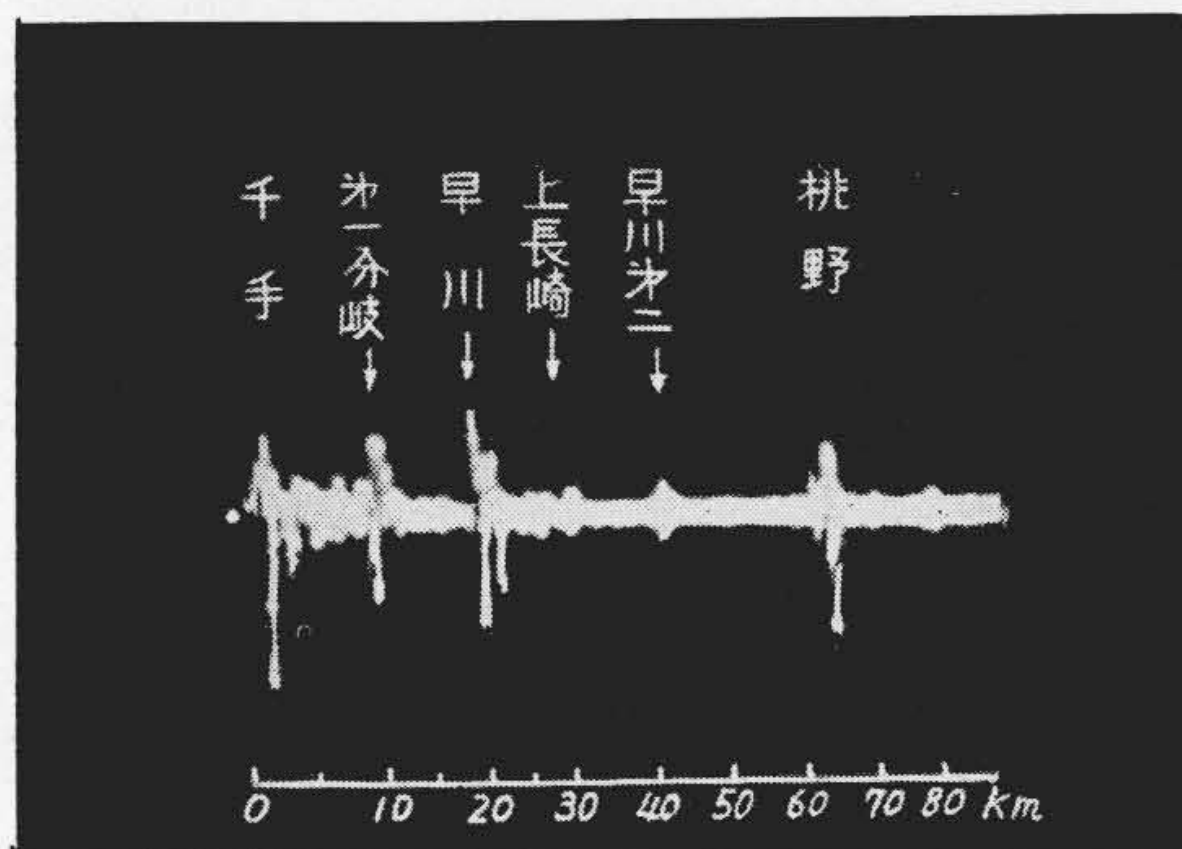
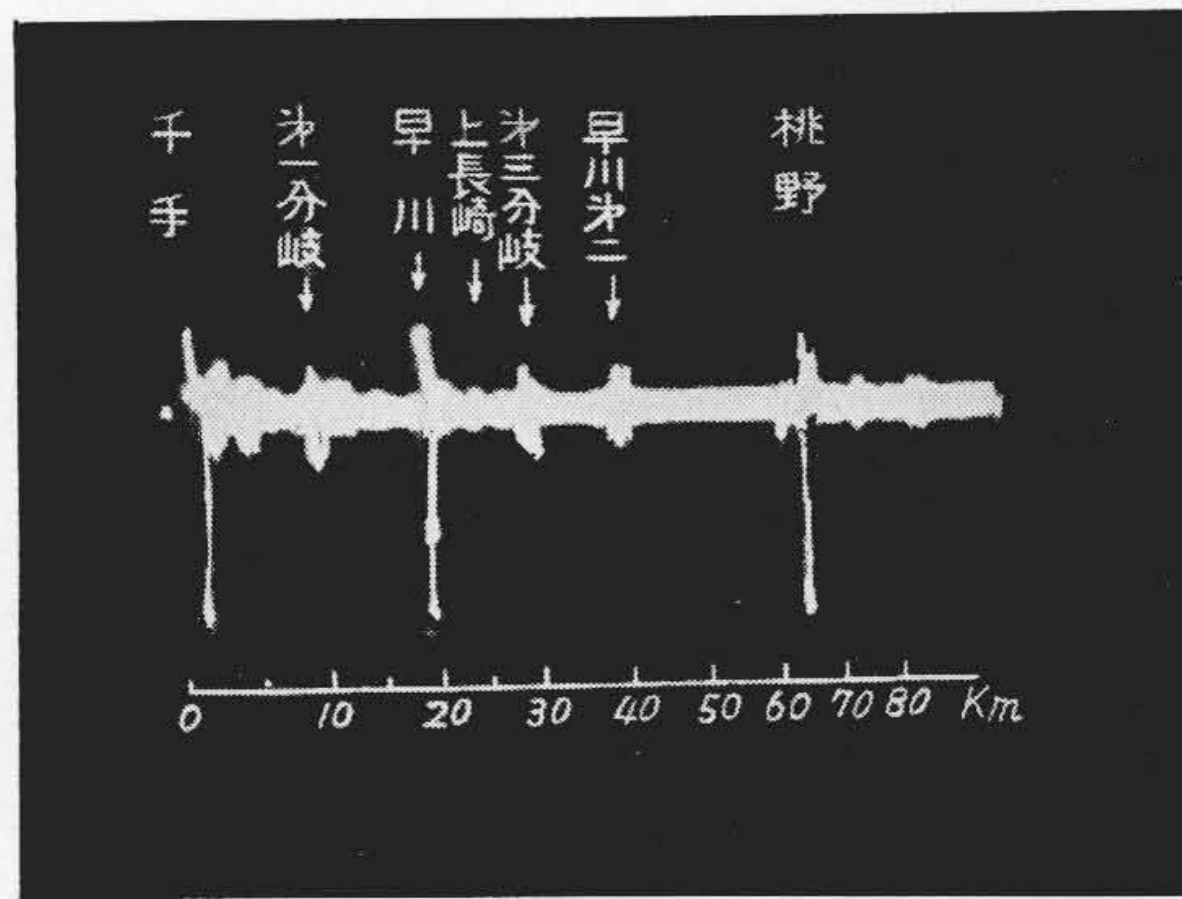
Table 3. Loss of Coupling Devices for the Type F Transmission Line Fault Locator

項	目	損 失 (db)
送信器より結合蓄電器低圧側迄の全損失 (1, 2 号T分岐も含む)		4
結 合 蓄 電 器	(2,000 PF)	8
受 信 用 碍 子 分 圧 器	R 相	13
	S 相	18
	T 相	11
チ ョ ー ク コ イ ル	R 相	8~5
	S 相	7
	T 相	10~9

信器迄高周波ケーブルで引込み得ることが立証された。

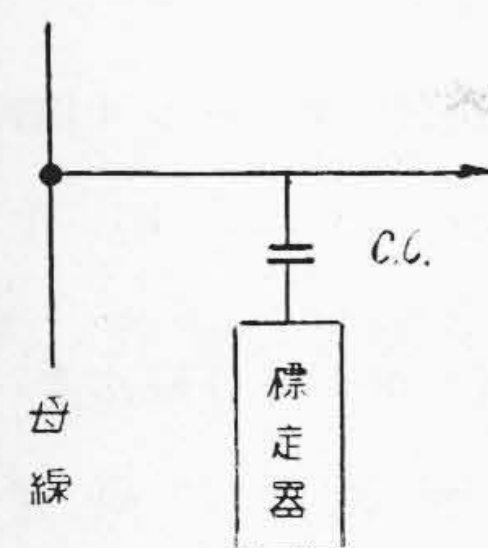
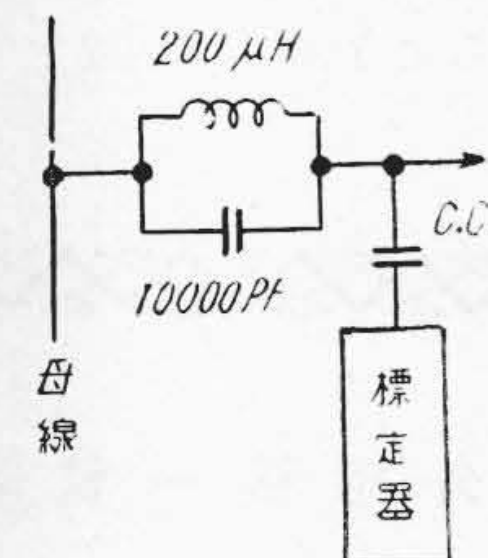
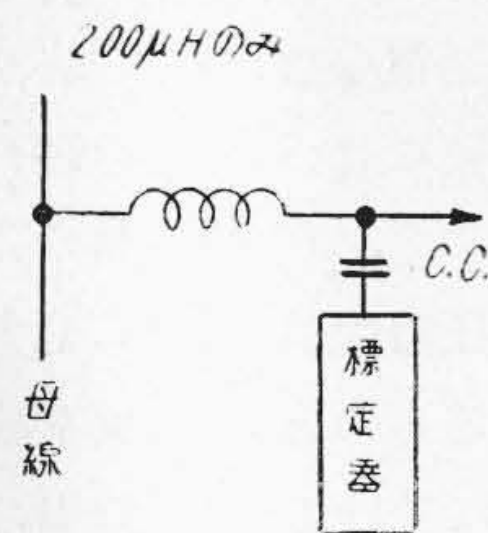
なおこれらの損失は工場試験の結果と殆ど一致しており、信頼性のあるものと考えられる。

又チョークコイルの損失は発射パルスと反射パルスでは僅かにその効果が異なるので、第 3 表には発射パルスと桃野開閉所 (約 63 km) の反射パルスに就いて記入した。これは反射パルスが線路を伝播する間に波頭の急峻度が小さくなること等によるものである。



第9図 チョークコイルの効果 (早川T相接地)

Fig.9. Variation of Choking Effects on Receiving End at Shinano-gawa Transmission Line



(4) チョークコイルの必要性

200 μ H のチョークコイルの必要性に就いて検討した結果、搬送電話用のブロッキングコイルと兼用したり、或は省略すると、近傍の固定反射が大きくなり、近傍の故障反射と固定反射の区別が困難になるため、その必要性が明らかにされた。なおこの場合には送出、反射パルスのいずれも高周波性の振動パルスとなり、ブラウン管像が甚しく見苦しいものとなつた。この例を第9図に示す。

(5) 混入雑音

受信の6線に対してすべてチョークコイルを挿入したが、 $L=200 \mu$ H では千手—小千谷両発電所間の約 210 kc のキャリアは阻止出来ず混入していたが、受信器の特性により雑音の影響は除去した。除去する前の混入雑音の波形は第10図の如くである。同図から明らかにように標定パルスを線路に印加しない場合はきれいな波形であるが、印加した場合は波形は相当乱れたものとなつている。

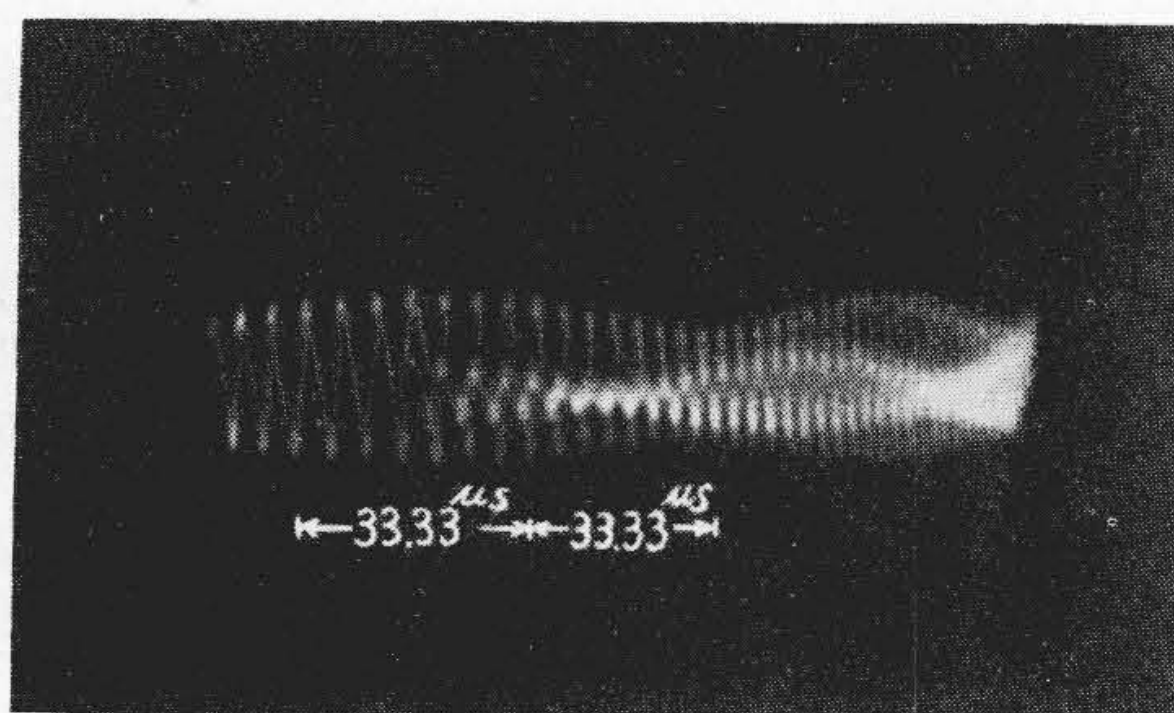
(6) 電源電圧変動の影響

線路の事故で自動標定するとき電源電圧は相当変動すると考えられるので、電源電圧 105~75V の間の標定誤差を測定した所第4表の如き結果を得た。この結果から誤差は読み取り誤差の程度であることが確認された。

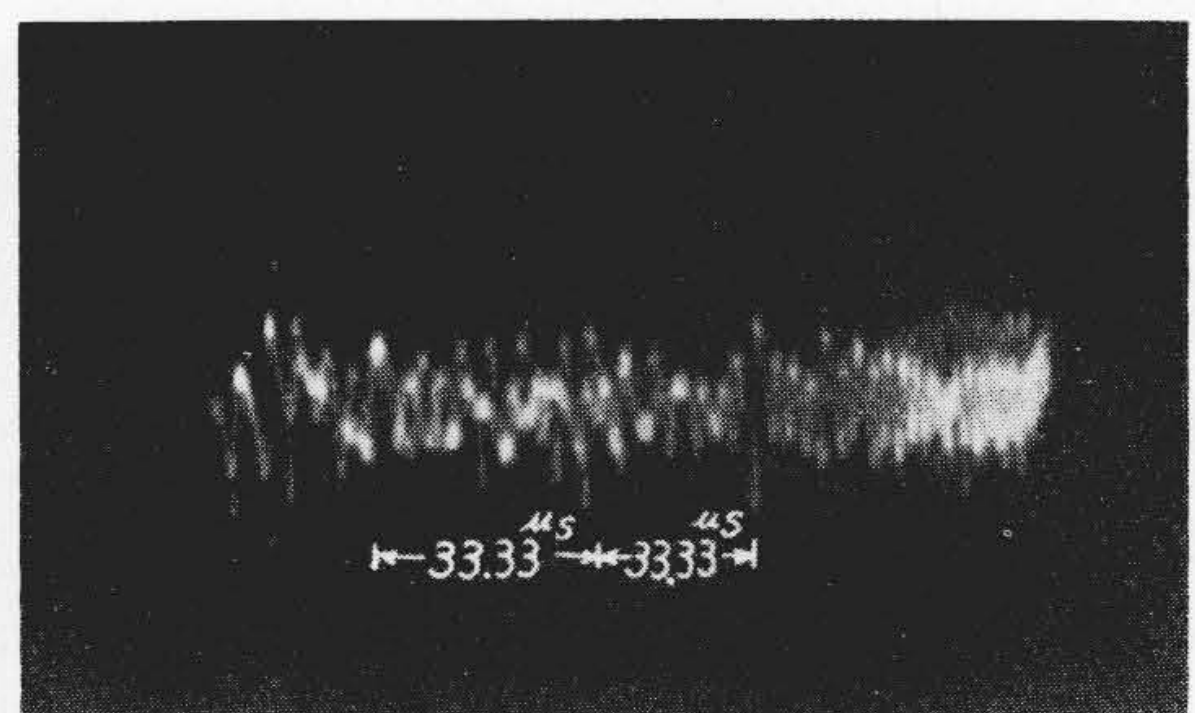
第4表 電源電圧変動による測距誤差

Table 4. Errors of Measuring Caused by Voltage Deviation from Rated Value of Source

距離 (km)	5	10	20	40	80
誤差の最大値 (km)	0.3	0.5	0.6	0.8	0.5



標定パルスを印加せず



標定パルスを印加中

第10図 キャリヤー混入雑音の例

Fig.10. Example of the Mixing Noise from Carrier Current Frequency at Senju Power Station of 154 kV Shinano-gawa Transmission Line

〔VI〕 結 言

以上国鉄信濃川送電線に設置された日立F型送電線故障点標定器の現地試験並びに基礎試験結果の概要に就いて述べた。

今回始めて試みられた6線同時監視、碍子分圧器受信等も十分所期の成績をあげたことは特記に価するものと考えらる。又本試験中の副産物として、線路中間に於ける作業中の接地状態も容易に発電所にて知られ、作業の安全化に大いに役立つことも認められ、一般の瞬時事故の標定以外の多方面への利用が期待される。

なお本装置は国鉄信濃川送電線以外の小千谷連絡線等に対しても簡単な切替えにより死線標定が出来るように

なつていたので、単なるパルス試験器としての性能も併せ有している。

終りに臨み本装置の設計製作に対し種々有益な御指導を賜わつた東大藤高教授、電気試験所法貴課長始め、委員の方々、又F型標定器の性能確認のための試験その他に絶大の御協力を賜わつた電化協会小林理事始め、国鉄東京給電事務所千手発電区、六日町及び岡部給電区、電修場の各区長初め関係者各位に対して深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 星, 平井: 日立評論 別冊 No. 3 1953
- (2) 藤高, 麻生, 田代, 三須田: 電学誌 73 773

日立製作所社員社外寄稿一覧表 (昭和29年1月分受付)

寄 稿 先	題 名	執筆者所属	執 筆 者
日 本 機 械 学 会	東京電力株式会社納潮田発電所用 55,000 kW タービンに就いて	日 立 工 場	綿 森 力
日 本 機 械 学 会	日産汽船日光丸 10,000 HP タービン主機に就いて	日 立 工 場	綿 森 力
読売新聞社文化部	ベーターロンの実用化	中央研究所	神 原 豊 三
日 本 化 学 会	熱天秤による高分子物質の研究 (第6報) (ポリ酢酸ビニルの重合度と熱分解速度)	日立研究所	鶴 田 四 郎 井 上 比 呂
日 本 鉄 鋼 協 会	ガスタービン用耐熱鋼の研究 (第3報)	冶金研究所	小 柴 定 雄 九 重 常 男
日 本 鉄 鋼 協 会	ガスタービン用耐熱鋼の研究 (第4報)	冶金研究所	小 柴 定 雄 九 重 常 男
日 本 鉄 鋼 協 会	ガスタービン用耐熱鋼の研究 (第5報)	冶金研究所	小 柴 定 雄 九 重 常 男
特殊鋼倶楽部	特殊鋼の性質と分類	安来工場	住 田 勇
質量分析研究会	質量分析計化学への応用	中央研究所	神 原 豊 三
電 気 学 会	導電性材の料, 塗料	日立電線工場	内 藤 正 之
高圧瓦斯協会	水素冷却ターボ発電機	日 立 工 場	高 林 乍 人
日刊工業新聞社	国産超硬植刃正面カッタは何処まで削れるか	川 崎 工 場	宇佐見 武 司 岡 部 礼 三
産業機械協会	ビニル製造装置	本 社	本 山 喜 久
産業機械協会	抗菌性物質工業用装置	本 社	本 山 喜 久
高 分 子 学 会	電線用熱可塑性高分子物質のレオロジーと物理的性質 (第3報) 電線用天然ゴム混和物の可塑性	日立電線工場	山 本 三 郎
新 生 日 本 社	自動車に使用される点火装置	多 賀 工 場	杉 浦 慎 三
日本化学工業社	本邦科学技術の振興	中央研究所	菊 田 多利男
関東信越熱管理協会	強制循環式中子乾燥炉	亀 有 工 場	割 石 官 市 上 田 博