

12 通 話 路 ケーブル 搬 送 シ ス テ ム

12 Channels Cable Carrier Telephone System

松 下 純 二 郎*
Junjirō Matsushita

斎 藤 一 郎*
Ichirō Saitō

田 島 巖**
Iwao Tajima

朝 比 奈 隆**
Takashi Asahina

内 容 梗 概

国有鉄道の業務用通信は、幹線系 SHF の完成によって、本社一支社管理局間のいわゆる管理系通信網は整備され、風水雪害に対して強固なものとなったが、管理局以下の現業系通信網は、その大部分が裸架空線が使用されておるため、たびたび大きな被害を受け通信が途絶することがある。

裸架空線の被害は広範囲に及ぶのでその復旧に相当の時間を要し、一般業務はもちろん列車運行にも支障を与える現状である。

これが対策として、地下埋設のケーブル化を推進しており、したがって、長距離回線についてはケーブル搬送を設置し、その経済性、伝送上の問題を解決している。その過程において北陸線の一部に裸架空線を使用せざるを得ない区間が生じ暫定処置として、ケーブル搬送を重畳させることとした。

従来、かかる線路にケーブル搬送を重畳することは困難とされており、通常、3 CH 以下の裸線搬送に中継機を追加して回線を構成していた。今回の回線にて金沢—糸魚川間がこの混在区間となったが、最終的に全線ケーブル化される予定であり、将来の CH 増を考慮して、ケーブル搬送を重畳することとした。種々の困難はあったが、対策を行なった結果、十分実用に耐える通話品質を確保することができたので、その経過ならびに機器の概要について記述した。

1. 緒 言

裸架空線は線路損失が少なく、架設が容易である反面、下記のような種々の欠点がある。

(1) 信頼度が小さい。

台風、洪水、積雪などの天災による障害を受けやすい。

(2) 通話品質が悪い。

気温、雨、雪などの気象条件により、線路特性の変動が多く、また外部よりの誘導雑音が多いので良好な通話品質を維持することが困難である。

(3) 多重化が困難

高周波における伝送特性および漏話特性が悪いので、多重搬送を重畳することが困難である。

(4) 交流電化による誘導電圧が大きい

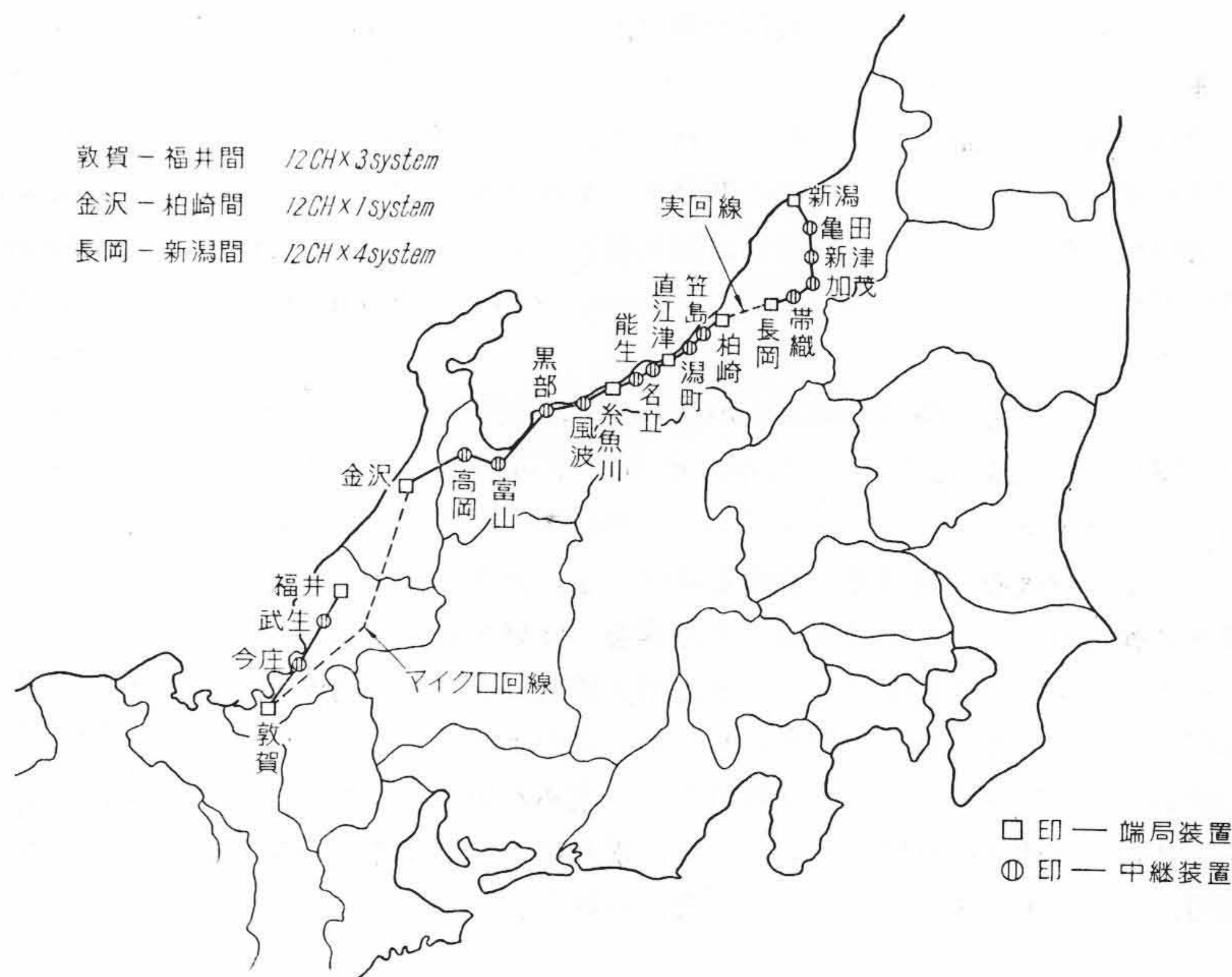
交流電化区間では、トロリ線またはフィーダ線よりの誘導が大きく通信線に高圧を誘起するので使用できない。

以上の諸欠点を一掃し、国鉄通信の近代化を計るため、長距離幹線はマイクロ、近距離支線は地下埋設ケーブルにて構成することとなり、着々と工事は進行しているが、今回日立製作所にて製作したケーブル搬送装置を裏日本北陸—信越線沿いに設置し、現在好調に運転中であるのでこれについて述べることにする。

2. 回 線 構 成

第1図に示すように、敦賀—福井、金沢—糸魚川—直江津—柏崎、長岡—新潟間に多重通話回線を構成した。金沢—敦賀間はマイクロ回線が設置されたので、直通中継 CH は金沢および敦賀で、マイクロ回線に音声4線中継接続される。これら回線はリングダウン

敦賀—福井間 12CH×3system
金沢—柏崎間 12CH×1system
長岡—新潟間 12CH×4system



第1図 回 線 構 成 図

呼出回線、個別呼出電話、指令電話、テレタイプ、電信などに使用されている。

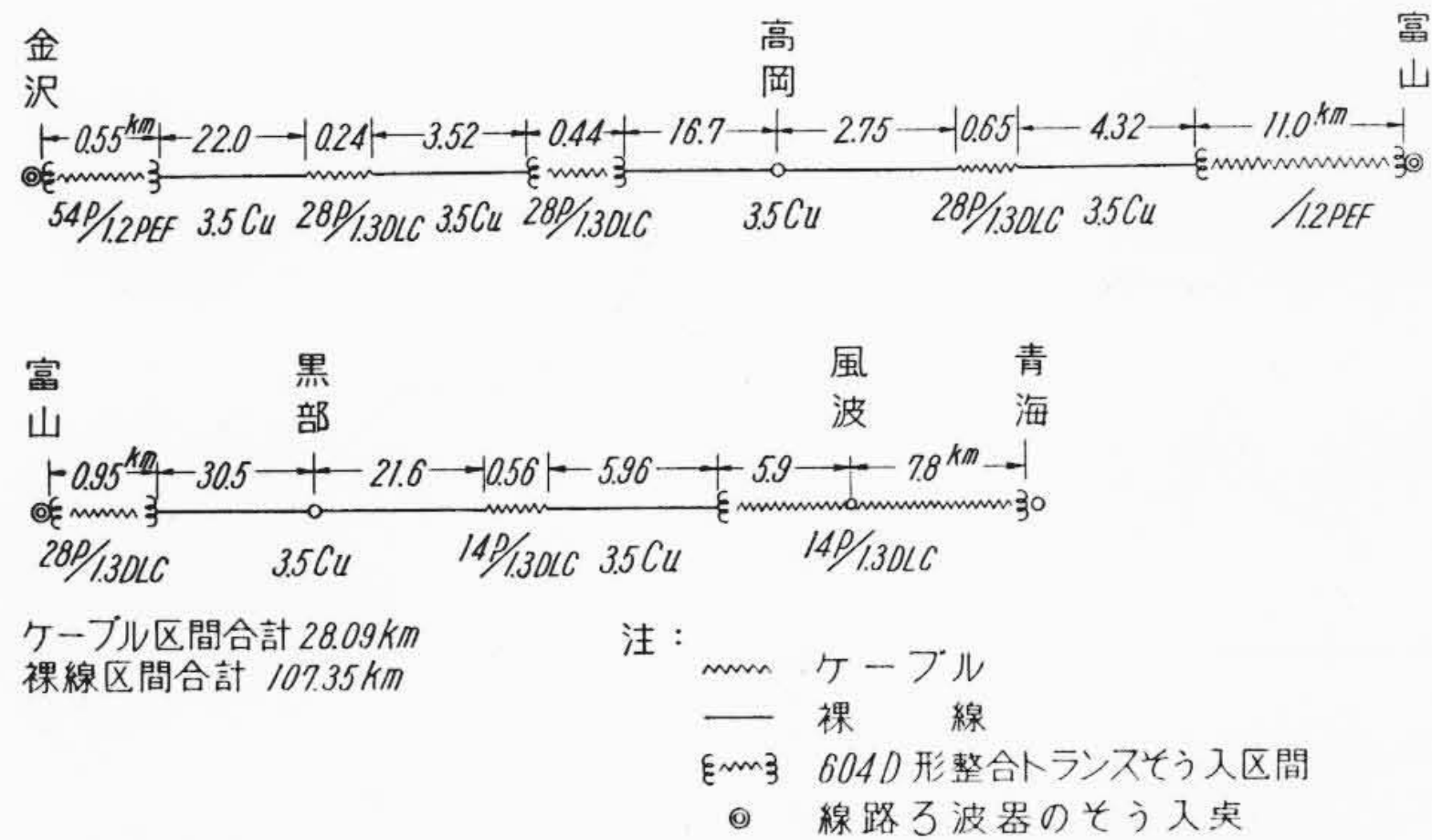
上記区間のうち、金沢—糸魚川回線は雪害対策により、緊急にケーブル搬送を重畳したため、最終ケーブル化工事完了までは、一部に裸架空線の部分があり、線路側、装置側に種々手を加えてできるかぎり良好な通話を保つように考慮した。

3. 本回線の特異点

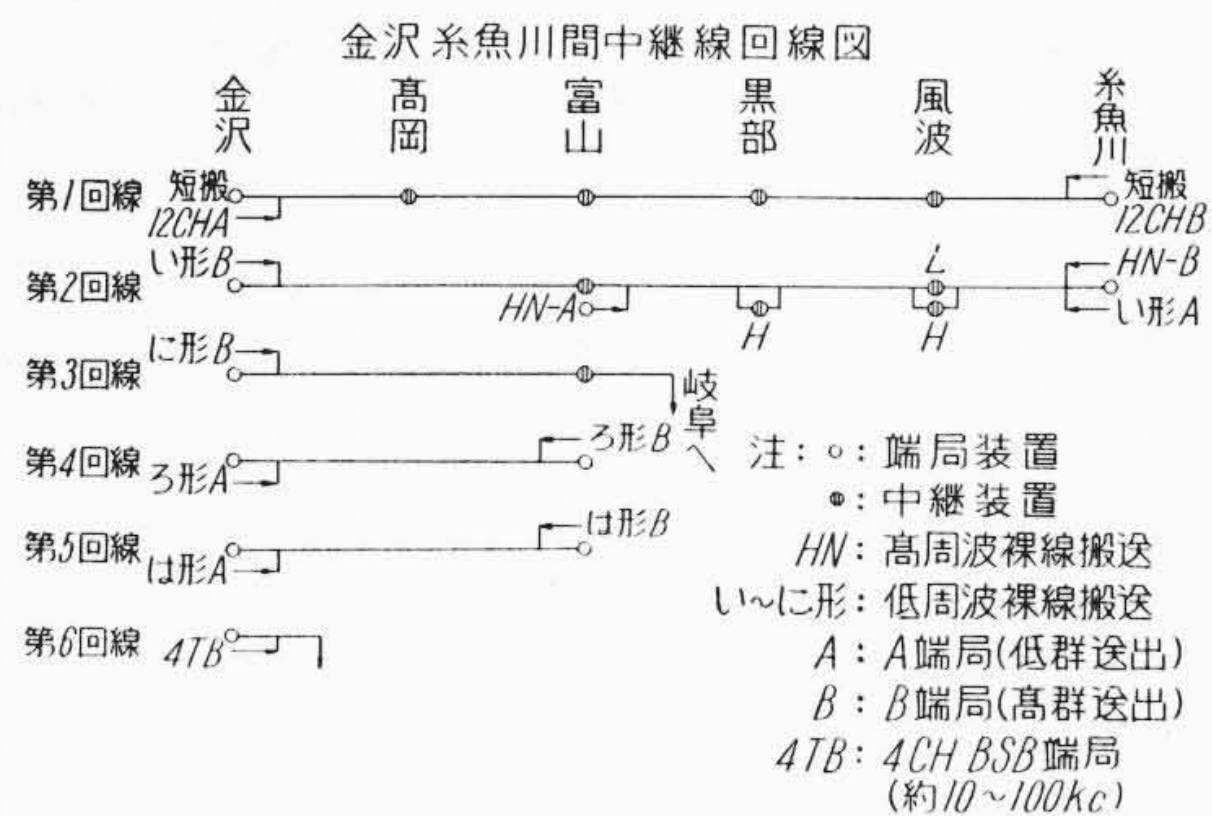
本回線は前項にも述べたように、ケーブルの一部に裸線区間があり種々の対策が施されているので、これについて述べる。

* 日本国有鉄道

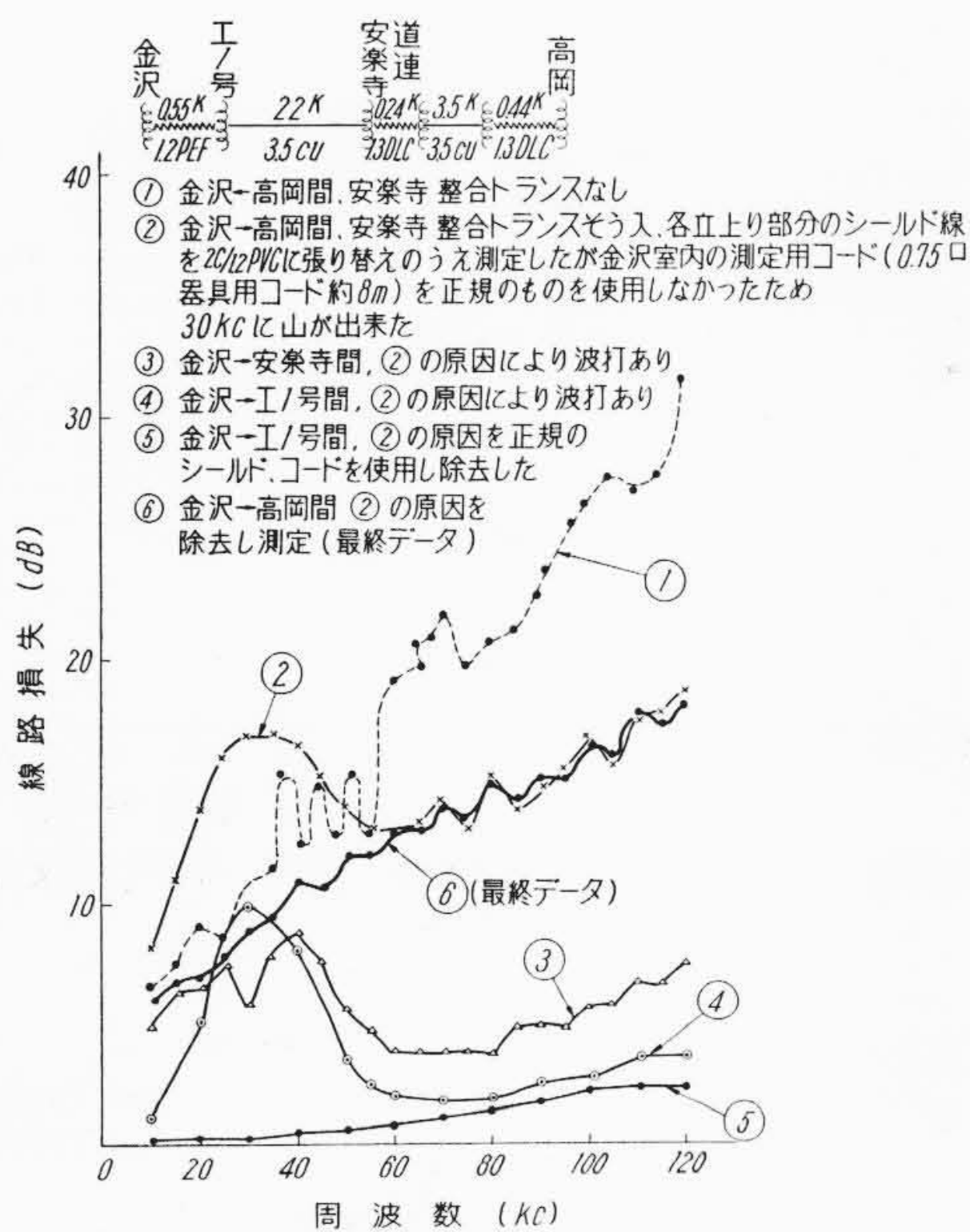
** 日立製作所戸塚工場



第2図 金沢—青海間搬送重畳回線構成図



第3図 金沢—糸魚川間中継線回線図



第4図 金沢—高岡線路損失特性

3.1 線路に対する処置

3.1.1 線路構成

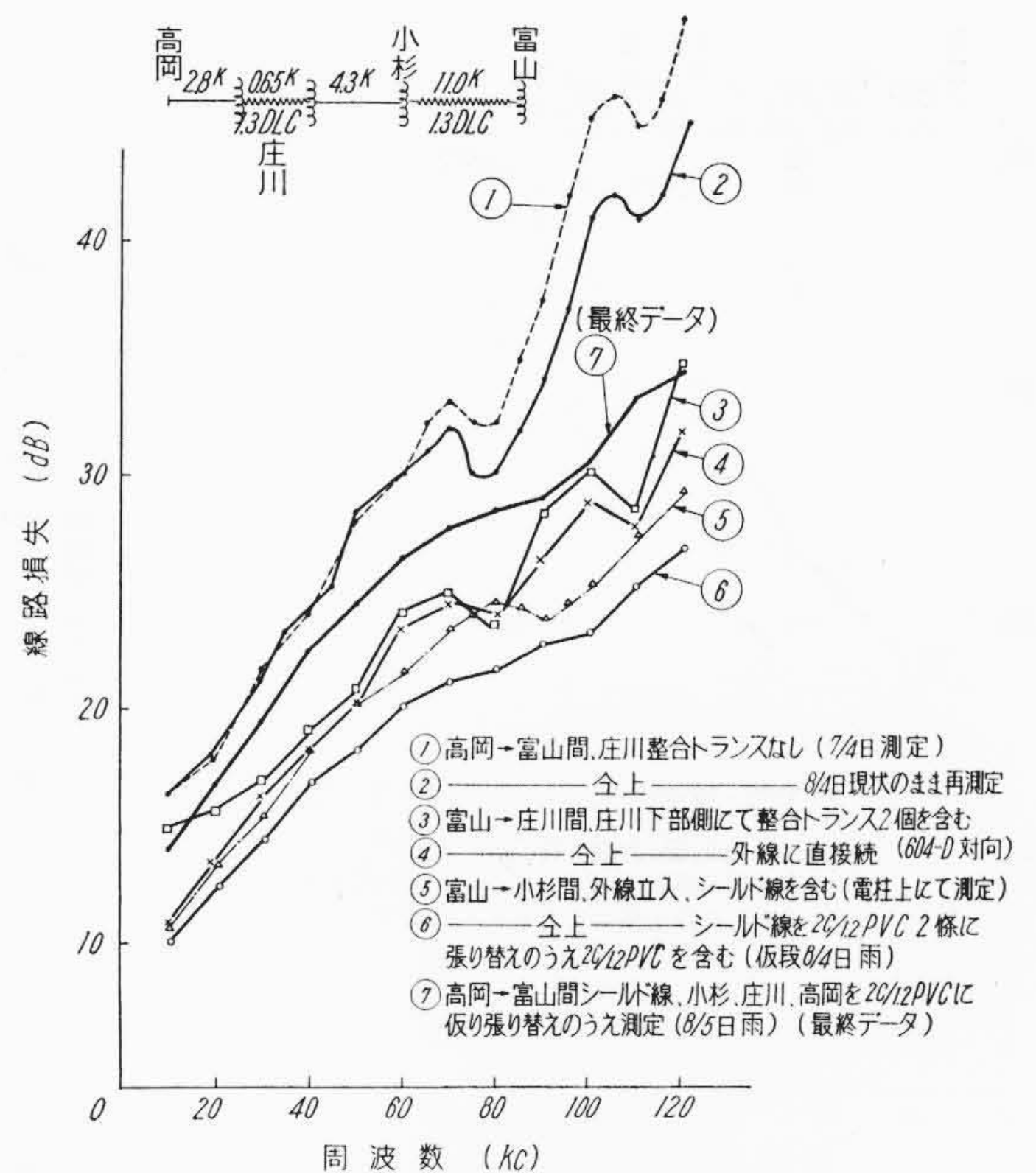
線路構成および平行回線の系統を第2, 第3図に示す。

3.1.2 線路損失

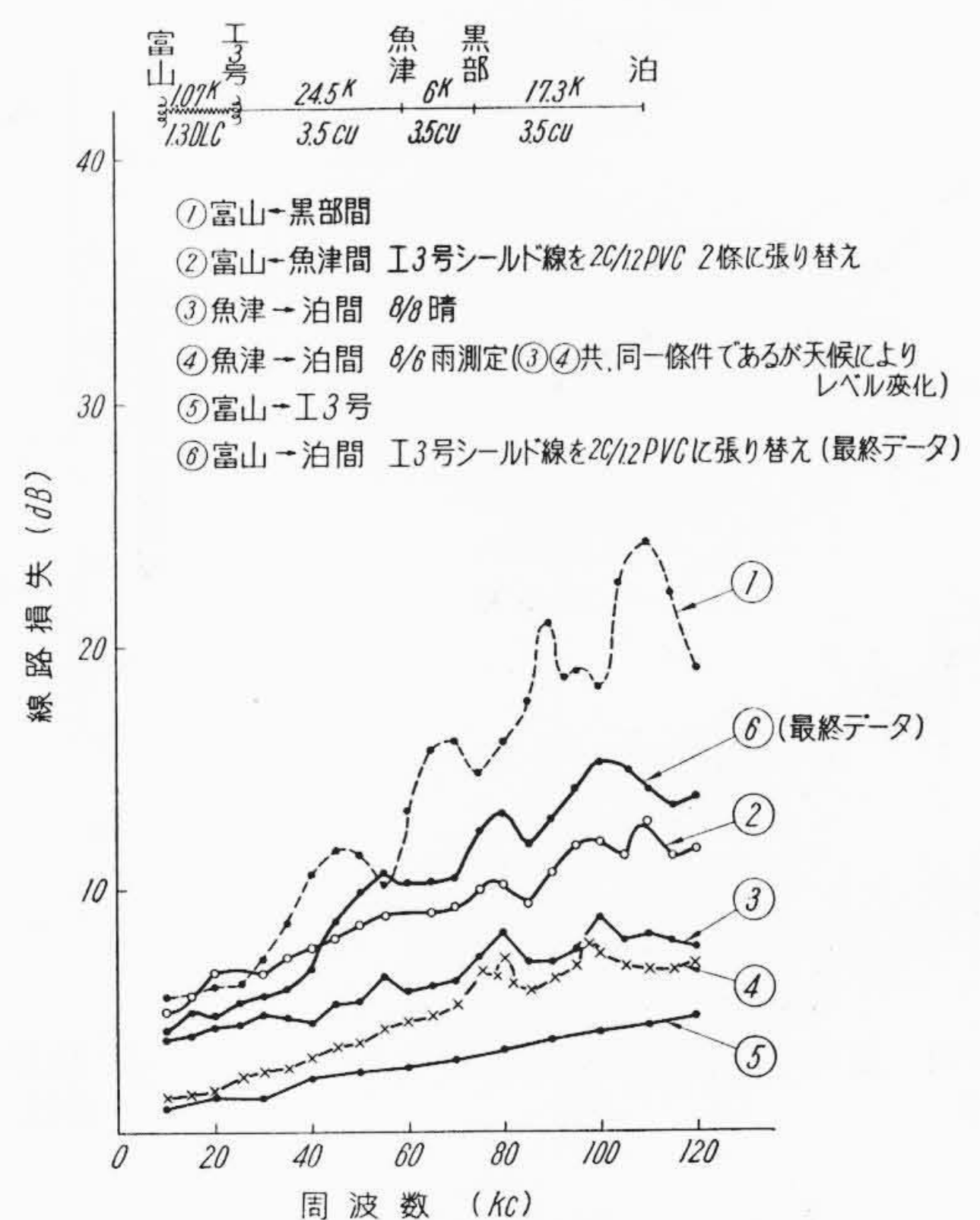
線路損失は最初測定の結果, 計算値よりも大で, 周波数特性にも波打ちが多く, そのままでは使用不能であったが, 調査の結果下記の原因であることが判明し, 処置の結果, ほぼ計算値どおりの特性をうる事ができた。

(1) 線路インピーダンスの不整合

数10m程度の短い部分でも, 異種の線路が混在する場合にはインピーダンス整合トランスを入れる必要があった。



第5図 高岡—富山線路損失特性



第6図 富山—泊線路損失特性

(2) 引込線インピーダンスの不整合

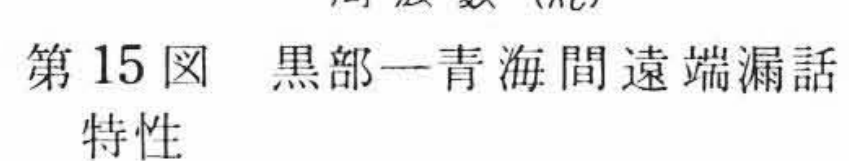
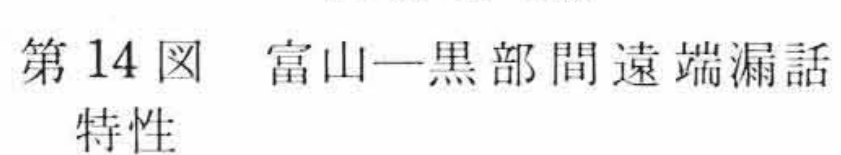
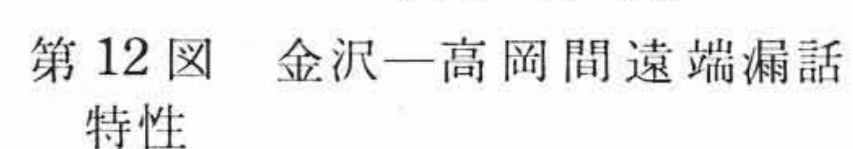
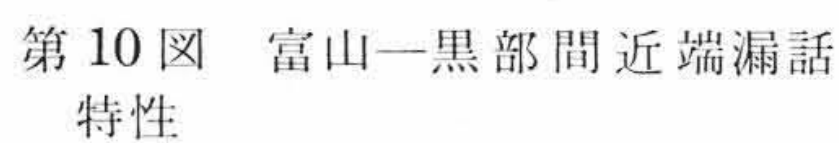
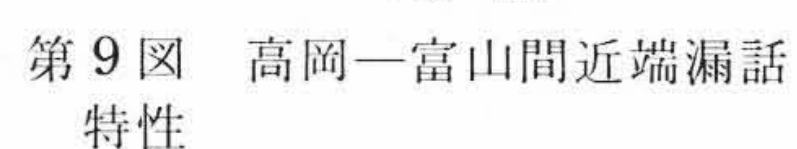
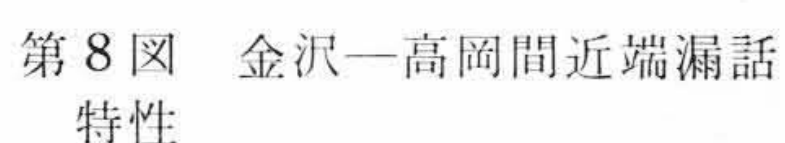
引込線としてシールド線を使用していたが, (1)と同様不整合を除くため線種の変更または整合トランスのそう入が必要となった。

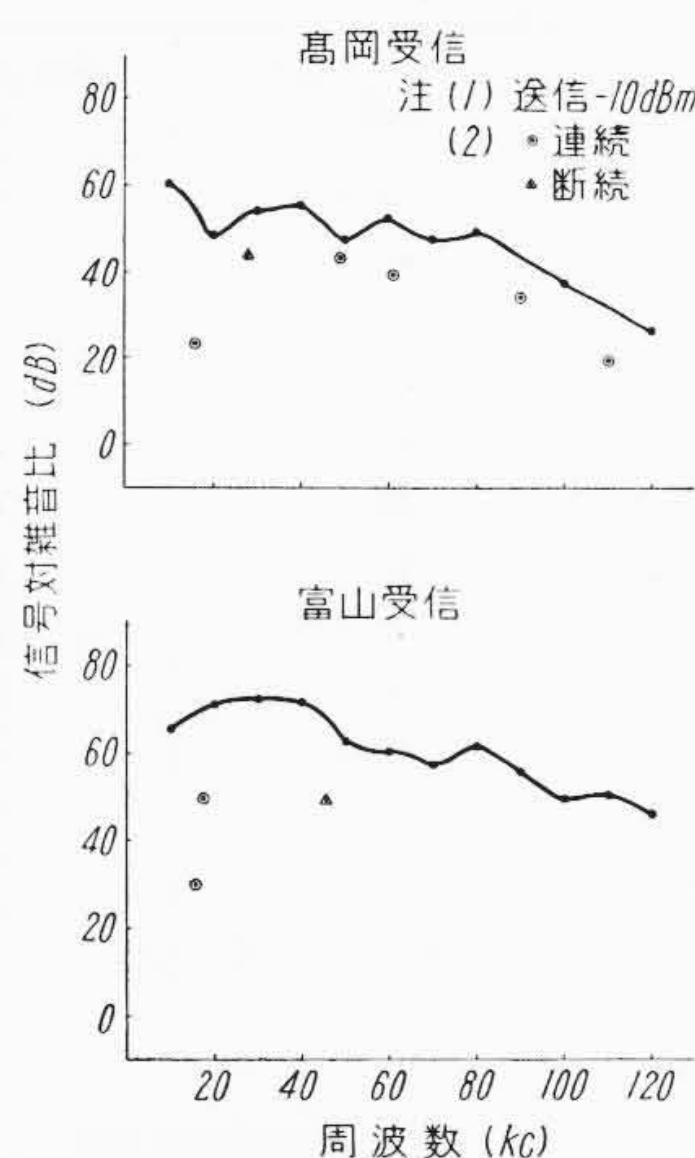
これらのデータを第4~7図に示す。

3.1.3 線間漏話および雑音

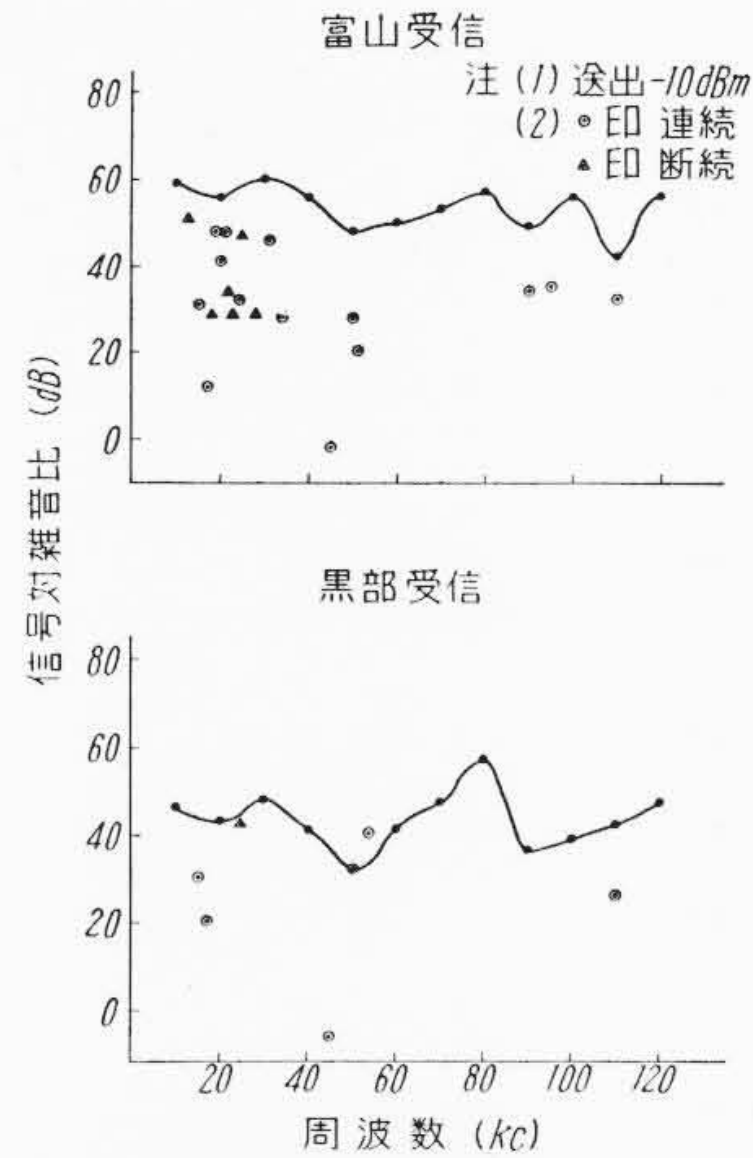
平行回線には他系統の搬送が重畳されているので, この間の遠端漏話ならびに近端漏話を測定した。既設裸線搬送は新設のケーブル搬送に比べて出力レベルが約20dB大きいため, 既設回線より新設回線への漏話が問題となる。測定結果を第8~15図に示す。本データは送出レベルの差, 線路損失などを考慮した実際通話時の漏話量に換算してあるので, 正規通話より漏話勢力のほうが大きくなっている区間もある。

これらを軽減するには線路の搬送交さを行なってもきわめて困難と推定されるので, 対策としては下記の処置を行なった。

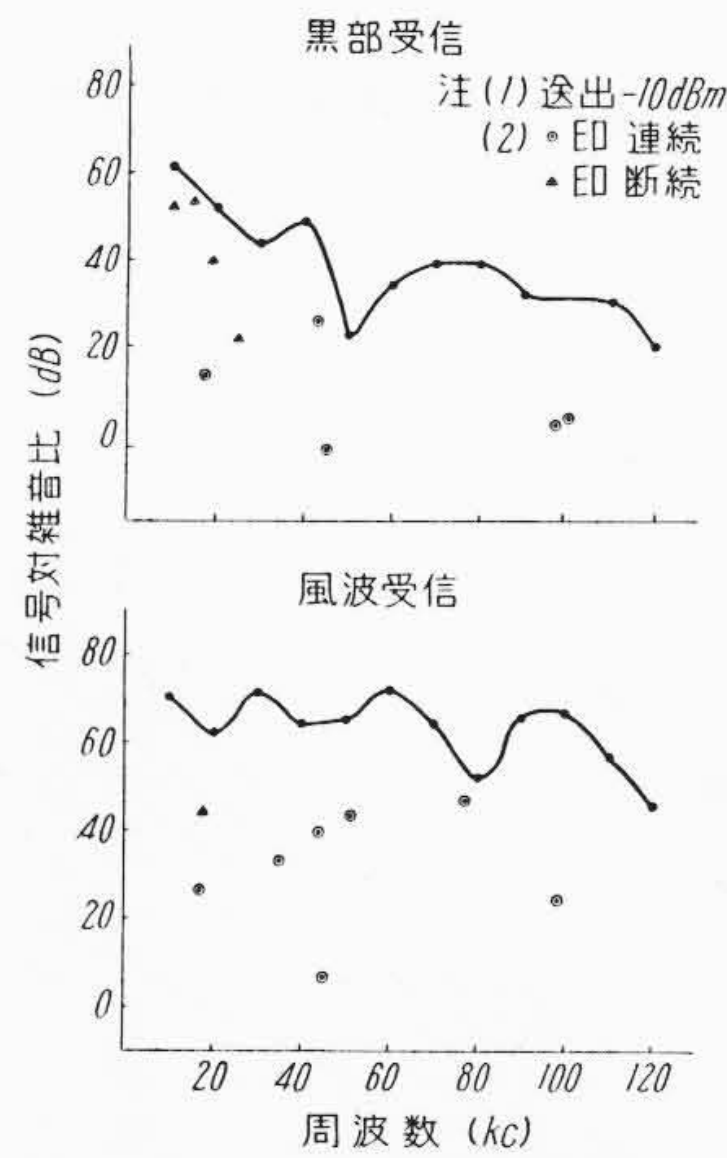




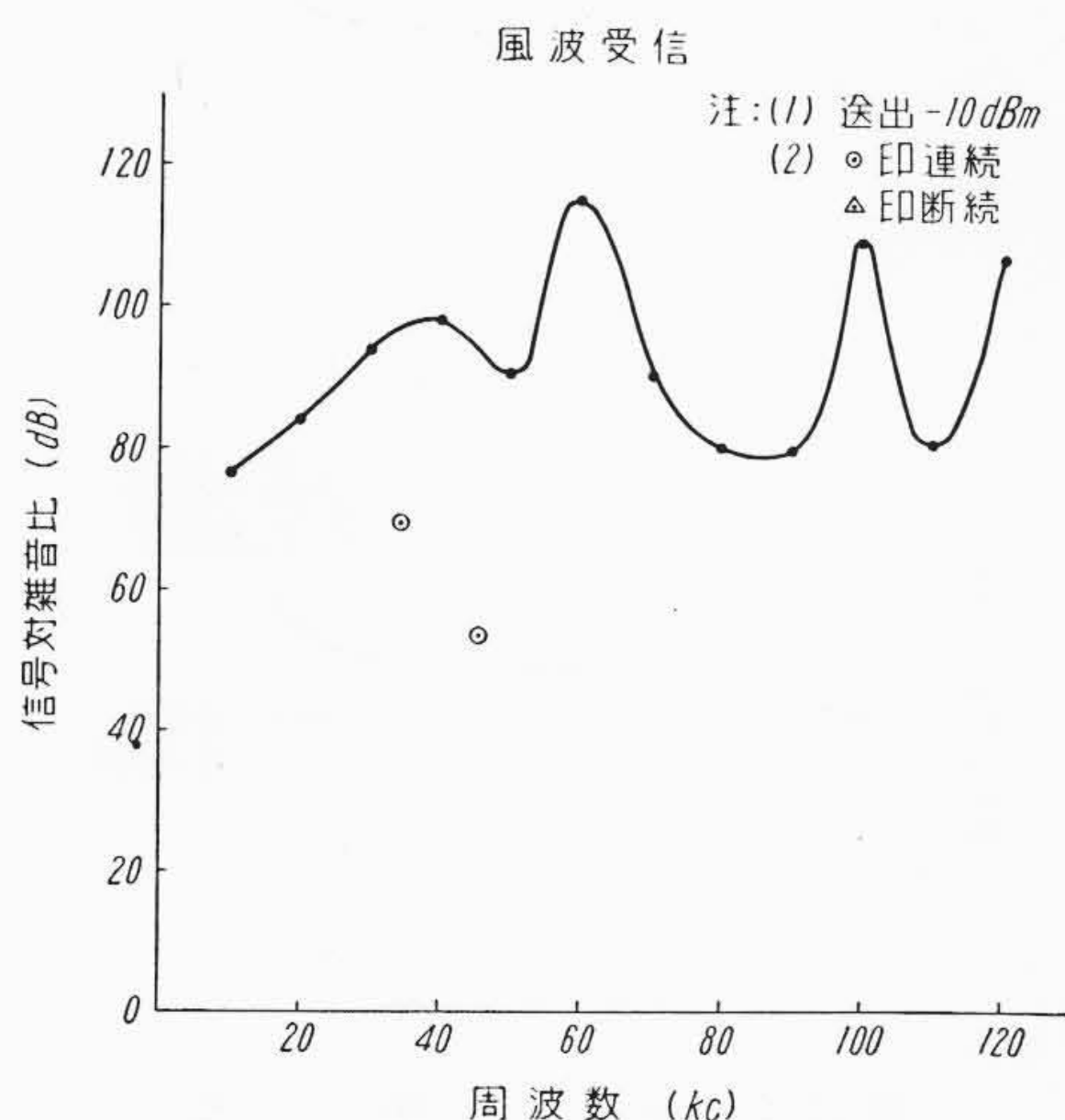
第 16 図 高岡—富山間線路雑音特性



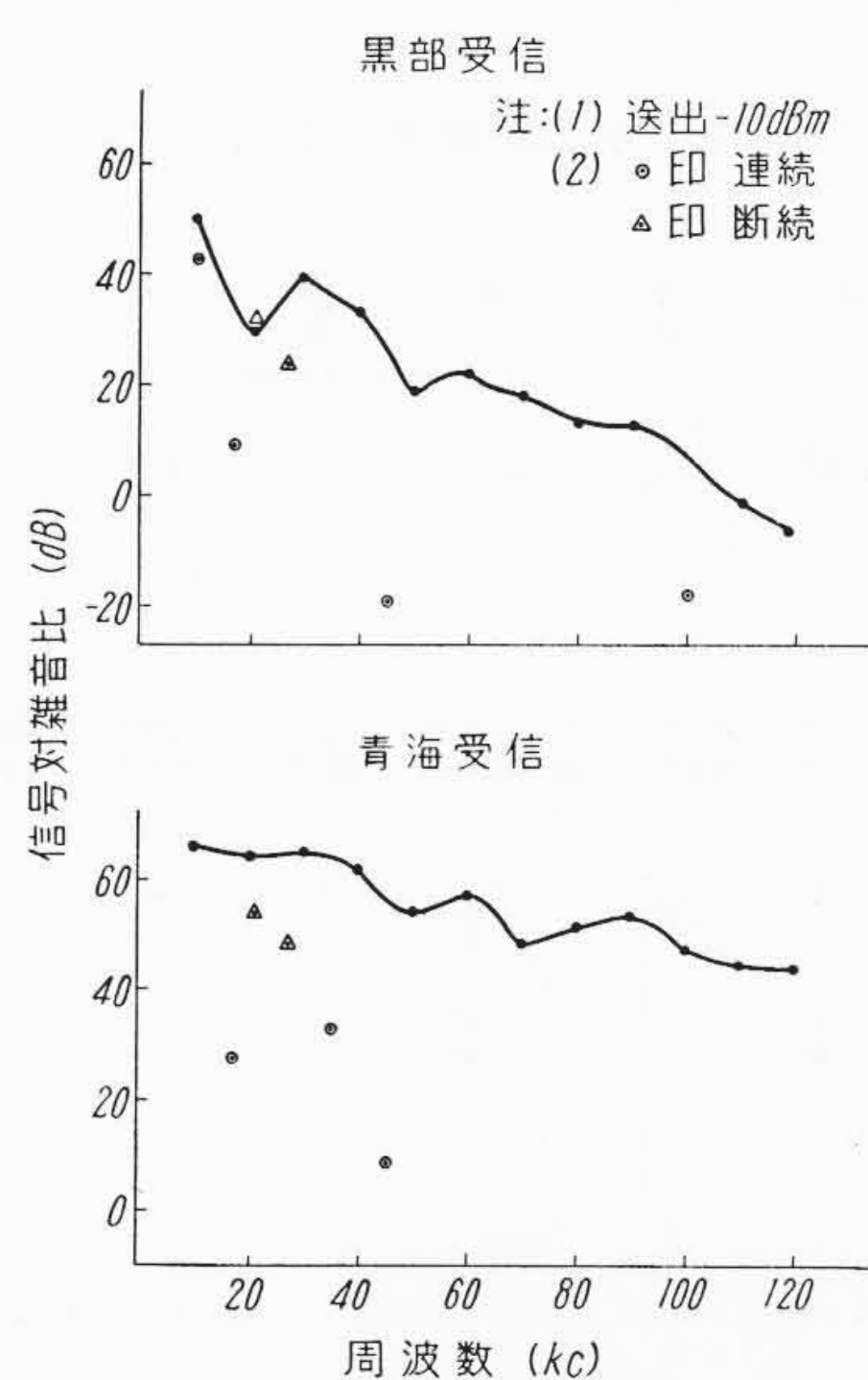
第 17 図 富山—黒部間線路雑音特性



第 18 図 黒部—風波間線路雑音特性



第 19 図 風波—青海間線路雑音特性



第 20 図 黒部—青海間線路雑音特性

(1) ケーブル搬送レベルの上昇

標準出力 -10 dBm/CH であるがこれを 5 dB 上昇して -5 dBm/CH とした。

(2) 裸線搬送レベルの低下

標準出力 $+10 \text{ dBm/CH}$ であるがこれを 15 dB 低下させ -5 dBm/CH とした。

(3) 誘導回線の除去

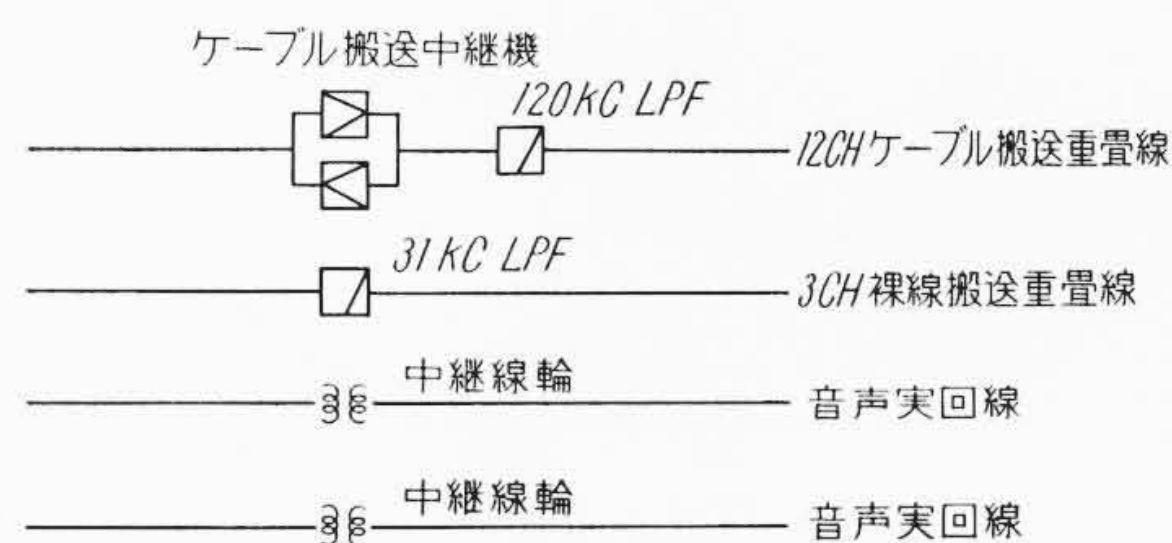
上記(1), (2)の対策を行なっても除き得ない場合は誘導回線の除去または一部移設を行なった。

雑音は平たん雑音と単一周波雑音に分けられるが、この測定結果を第 16～20 図に示す。単一周波雑音は主として他系統搬送回線の信号周波、キャリア、キャリアークなどと考えられる。これらも原因の判明するものは可能なかぎり除去、移設などを行なった。

線間漏話は中継機においては第 21 図に示すように第 3 回線を経由する鳴音発生の原因ともなるので、各中継局に 120 kc 以上を遮断する低域ろ波器を追加し、 120 kc 以上における帯域外発振を防止した。また特に近端漏話の大きい黒部中継局には第 21 図のように裸搬重畳の第 3 回線に 30 kc 以上を遮断する低域ろ波器をそう入し、音声のみの第 3 回線には音声用中継線輪をそう入し、鳴音安定度の増大を計ってある。

3.2 装置に対する処置

本装置は国鉄電仕-12461 号および 12462 号にて規定されている仕様に基づいているが、今回の回線に適合するよう調整可能範囲を広げて製作した。



第 21 図 黒部中継局鳴音防止対策図

3.2.1 装置出力レベル

裸線に重畳する場合はなるべく高出力が望ましいので、 5 dB の上昇が可能なるようにした。増幅器、ろ波器などの過負荷による雑音増大を考慮しても裸線の場合は十分使用可能である。

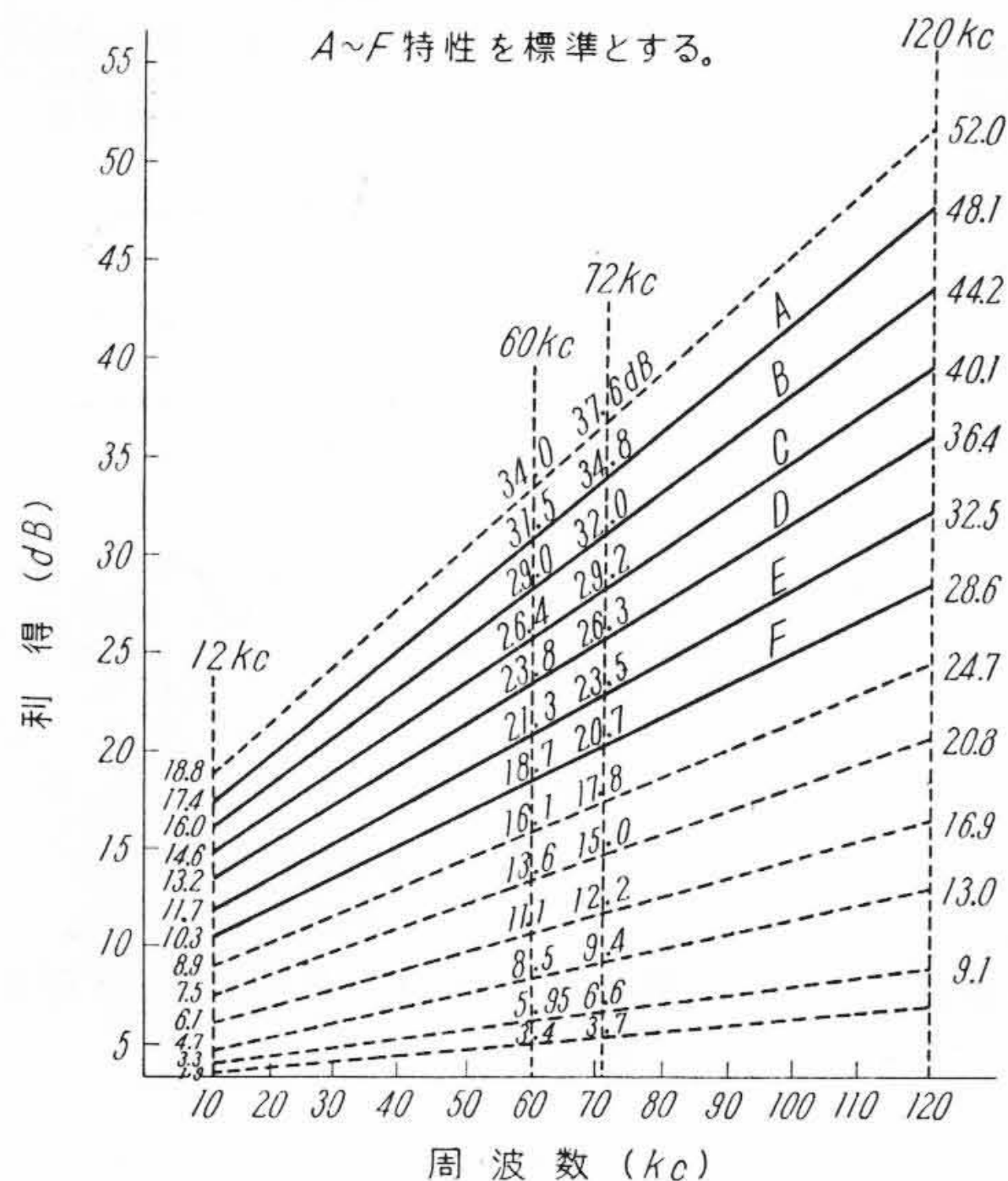
3.2.2 AGC 調整範囲

裸架空線は地下埋設ケーブルに比べて損失変動が大きいので、標準仕様 $\pm 5 \text{ dB}$ のものを $\pm 8 \text{ dB}$ に拡大可能とした。

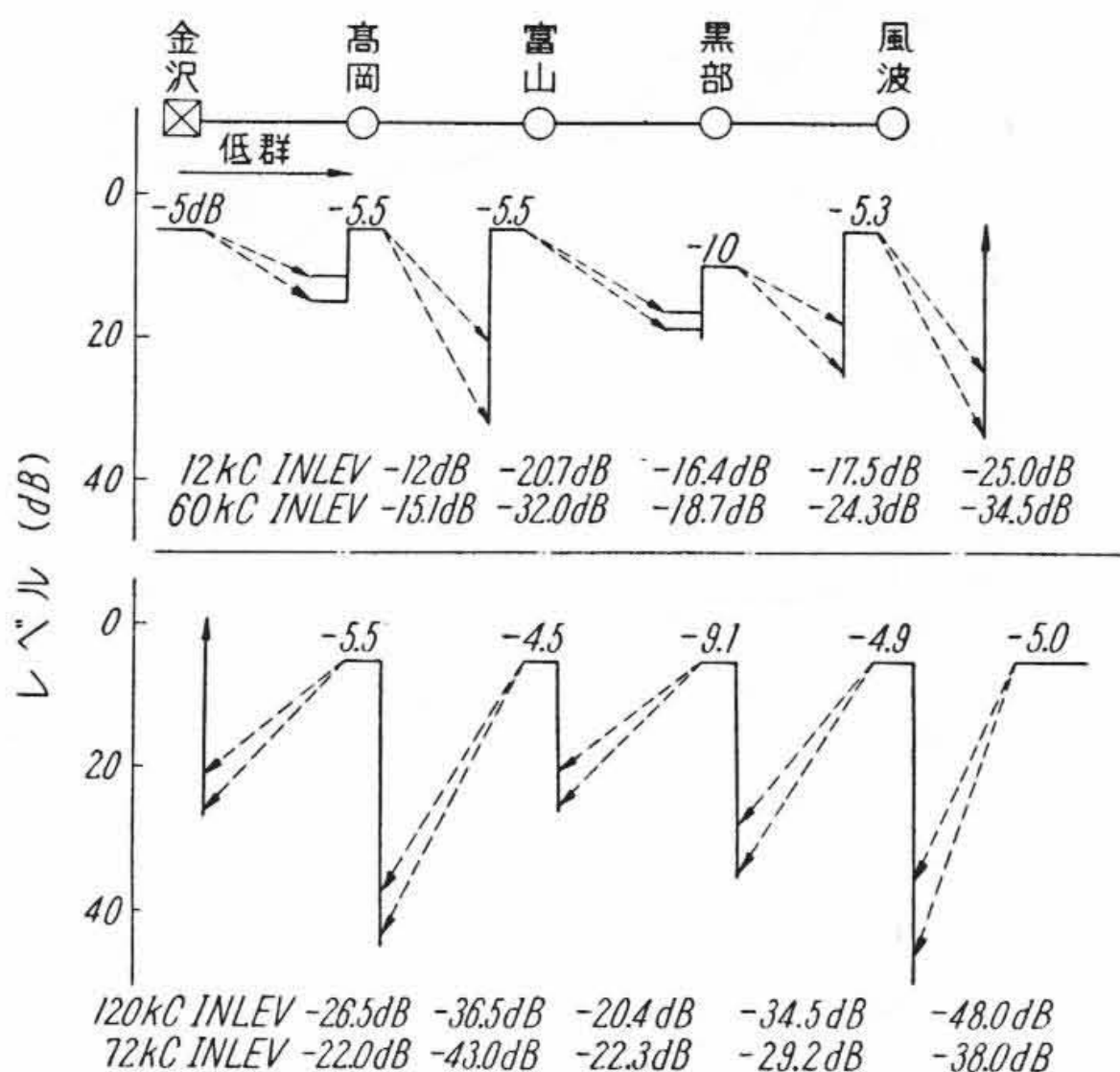
3.2.3 線路等化器

裸架空線はケーブルに比べて線路損失が少ないため全区間ケーブル化された場合の線路損失に基づいて、中継局を設置した場合、部分的に裸線区間が混在すると、標準等化曲線では等化不能な線路損失特性になることがある。

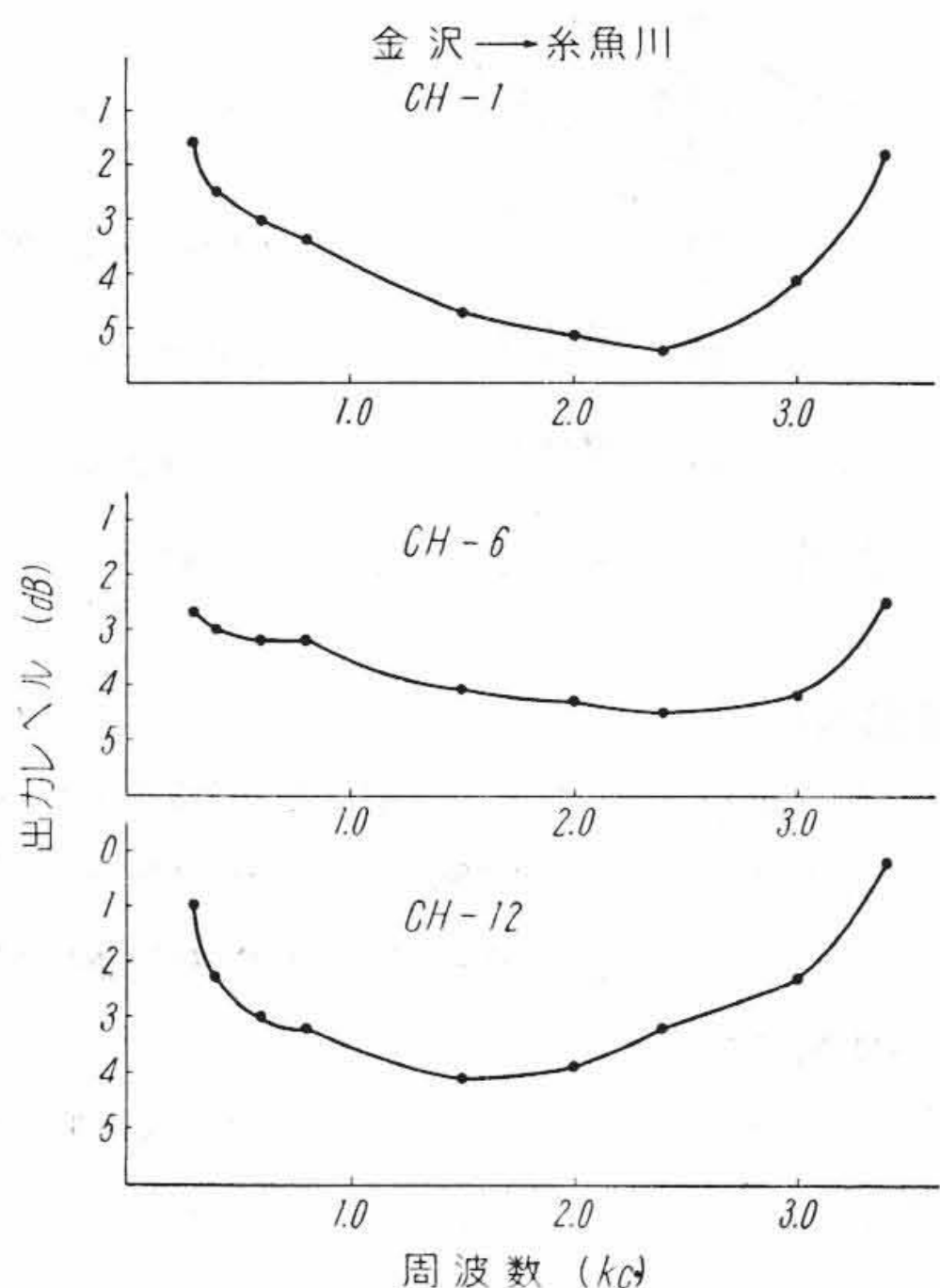
本装置ではこのような区間でも等化可能とするため、第 22 図のように等化可能な範囲を広げてある。



第 22 図 線路等化器特性図



第 23 図 回線レベルダイヤ



(線路の波打ちが通話路内の帯域偏差となって現われている)

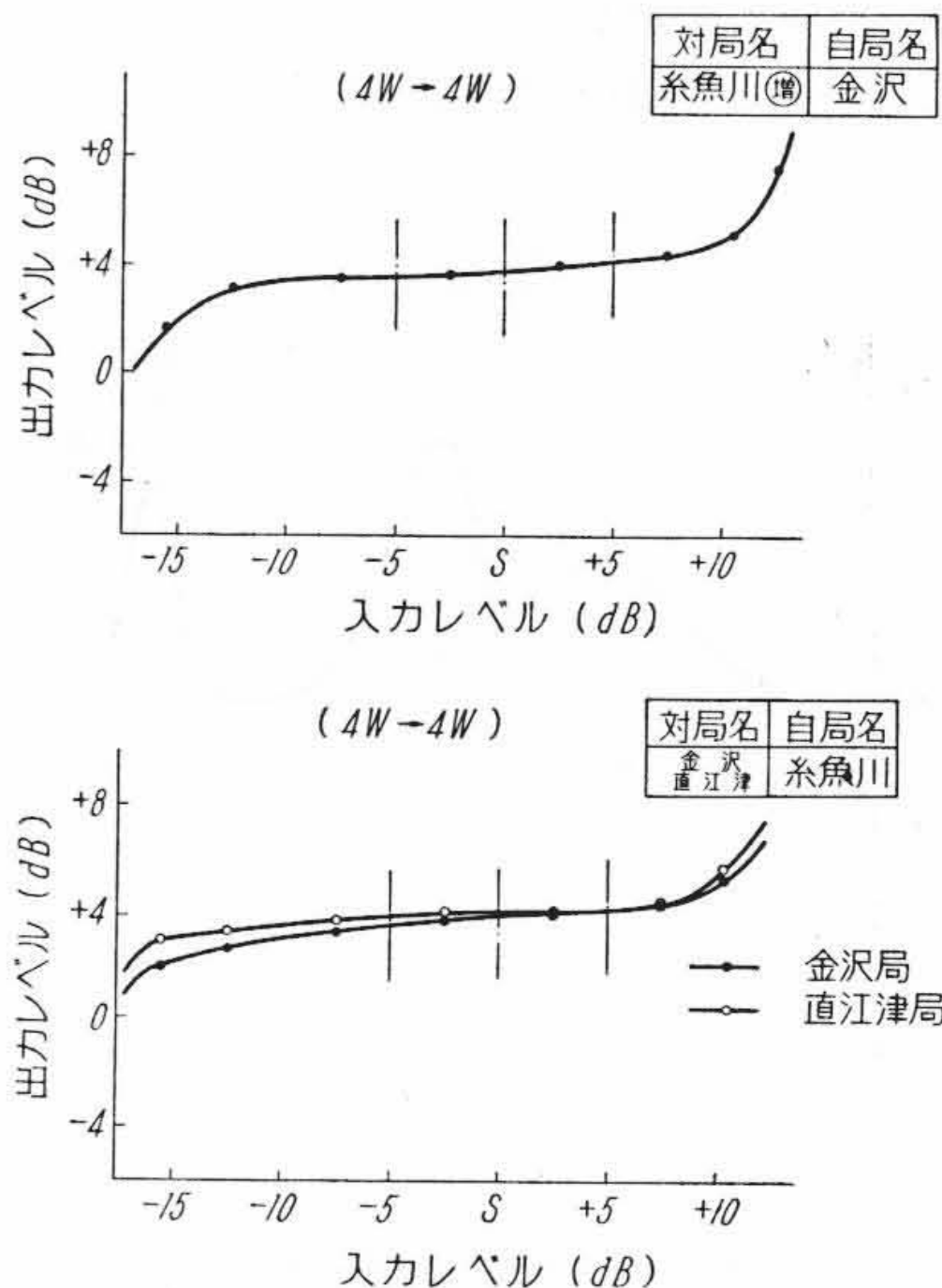
第 24 図 総合周波数特性

4. 回線データ

3.1, 3.2 項の処置を行ない、各局に機器を据え付け、総合調整を行なった結果を第 23～26 図に示す。

区間	糸魚川→金沢 (dB)	金沢→糸魚川 (dB)	直江津→糸魚川 (dB)
CH			
1	34.5	43.5	60
2	34.5	42.5	59.5
3	35	42.5	58.5
4	34.5	43.5	59.5
5	35	42.5	57
6	35	48	57
7	34	40.5	58.5
8	33.5	50.5	57
9	34	46.5	57
10	32.5	46.5	57
11	34	46	57
12	34	46	57.5

第 25 図 回線総合雑音 (S/N)



第 26 図 AGC 特性

S/N に関しては、金沢—糸魚川間最悪にても 30 dB を確保することができた。全線ケーブル化された場合は糸魚川—直江津区間のデータからも推定できるように、S/N 55～60 dB 程度に上昇するものと思われる。

5. 機 器

5.1 概要および特長

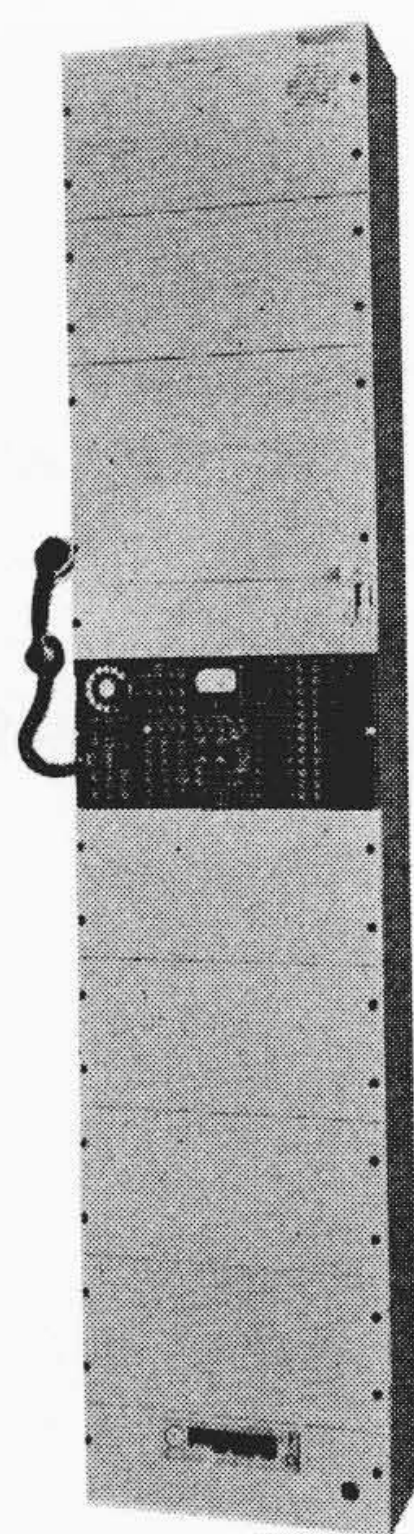
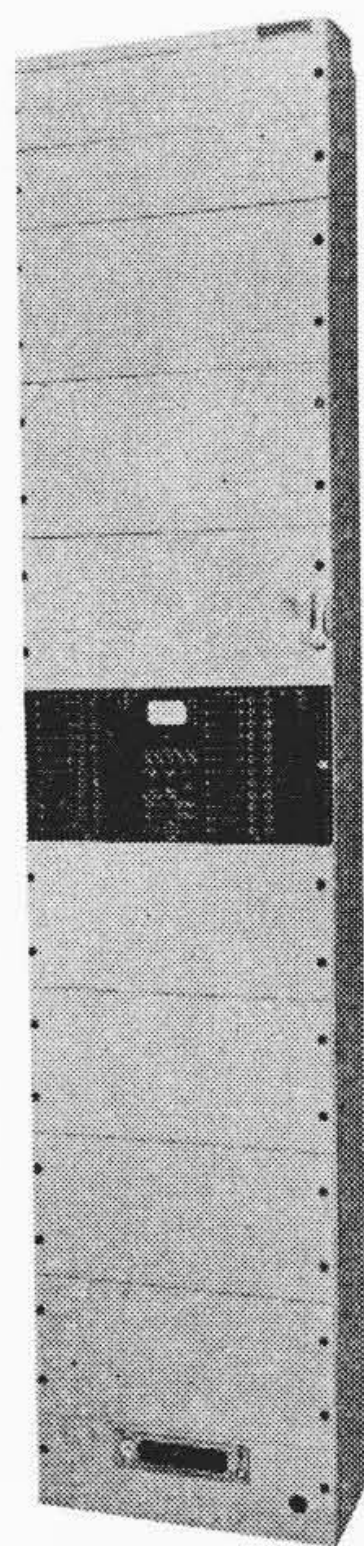
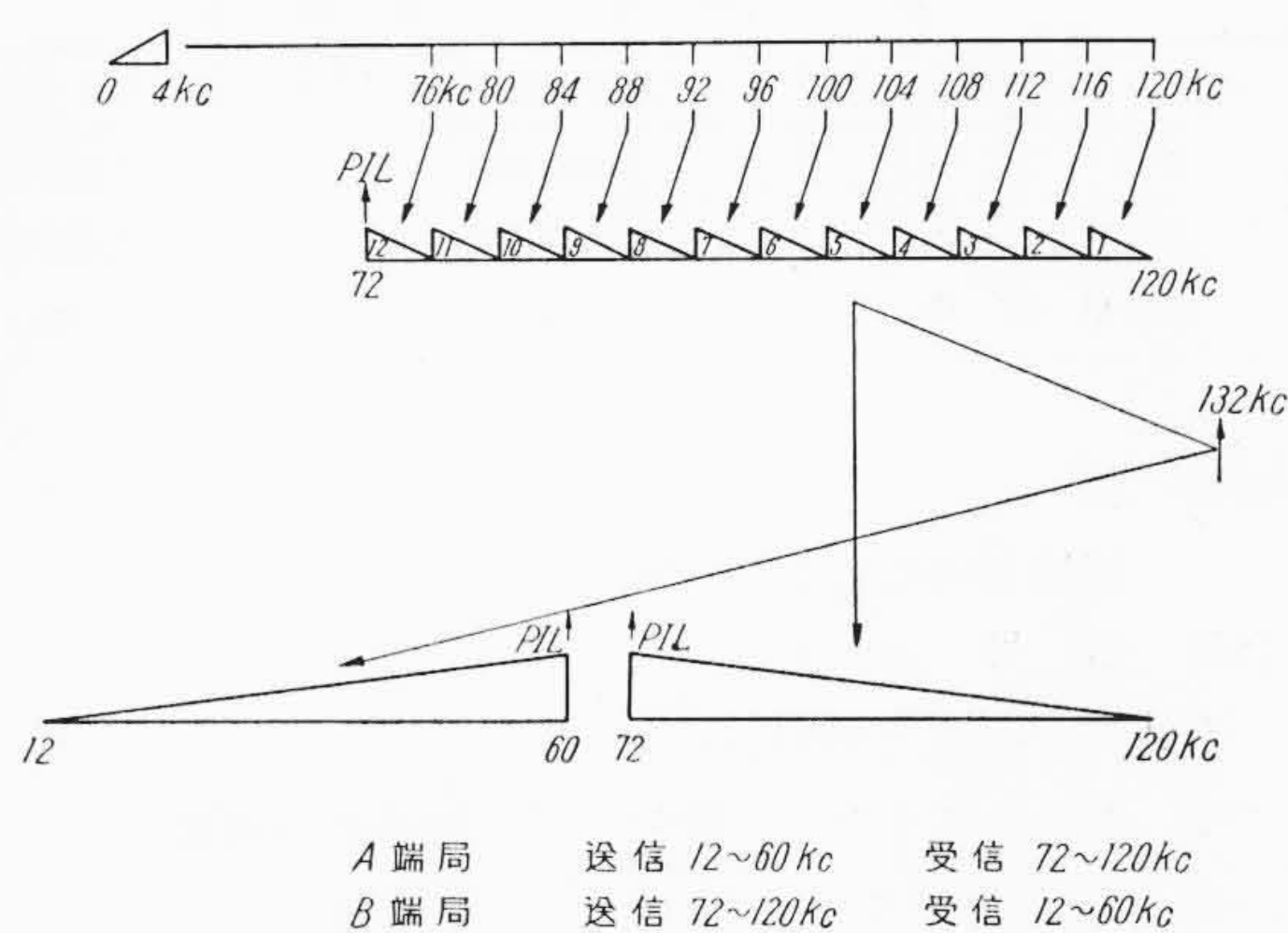
本装置は主として地下埋設の搬送ケーブルを伝送路とし心線 1 対に、往復 12 通話路の搬送電話を重畳するもので、最大回線長は約 100 km である。漏話特性のあまり良くない市外無装荷ケーブルにも重畳できるように往復の周波数を異にしたいわゆる群別 2 線方式となっている。

本装置の活性回路にはすべてトランジスタを使用しており一般端局、増設用端局および中継装置の 3 種類よりなり、その外観はそれぞれ第 27～29 図に示すとおりである。

一般用端局は、12 通話路 1 システムおよび搬送電流供給部を実装しており、この搬送電流供給部は 5 システム分の供給容量をもっている。

増設用端局は、12 通話路 2 システムすなわち 24 通話路分実装されており、搬送電流は一般用端局より供給を受ける。したがって一般用端局 1 架、増設用端局 2 架合計 3 架設備すればケーブル心線 5 対を使用して 5 システム、すなわち 60 通話路の搬送回線を構成することができる。

中継装置はケーブルの損失を補償するもので、ケーブル長 10～15 km 間隔に設置する。1 架にて 4 システムの中継が可能で、別に遠方監視用の警報発振器を実装している。

第 27 図 CT-1206 形
一般用端局装置外観第 28 図 CT-1207 形
増設用端局装置外観第 29 図 CR-1202 形
中継装置外観

第 30 図 周 波 数 配 列 図

第 1 表 中 継 機 設 置 間 隔

ケーブル名	標準中継間隔 (km)	設置可能範囲 (km)
0.9mm PE	10.5	4~15
0.9mm PEF	11.0	4~15
1.2mm PEF	15.5	5~20
1.2mm 紙	15.5	5~20

本装置は国有鉄道の特殊性を採り入れた設計がなされており、電
電公社ケーブル搬送とは下記の諸点が異なっている。

(1) 架 高

日本電信電話公社における架高はすべて 2,750 mm であるが
国鉄の場合、特別な建屋を必要としないよう 2,350 mm として
ある。

(2) 指令電話、個別電話の重畳

国鉄にて使用しているこれらの特殊な電話機の重畳が可能なる
よう、架上に端子が出してある。

(3) 割込、試験機能

日本電信電話公社の場合は一般に通話路数が多く、試験機能
は一括して試験架に收容されているが、国鉄では 12 通話路程
度の回線も多いため割込通話、マークビジョ、中継局監視など
の機能を搬送架にもたせてある。

(4) 信号交流中継

音声 4 線にて他系統中継を行なう場合を考慮して、信号中継
ひずみを軽減するために、3850 c/s の信号交流中継が可能とな
っている。

(5) 中継線輪の実装

線路と機器とのインピーダンス整合用の中継線輪は一般に中
継線輪架に実装されるが、特にそのような設備のない場合を考
慮して搬送架に実装可能とした。

5.2 電 気 的 性 能 (国鉄電仕-12461 号および 12462 号に準拠
する標準仕様)

5.2.1 端 局 装 置 (日立形名、一般用 CT-1206 形および増設用
CT-1207 形)

(1) 使用線路および中継間隔

第 1 表を基準とする。

1.2 mm PEF に対する等化特性を第 22 図に示す。例外として
裸線区間の混在する特殊線路においては通話品質を落として重畳
させることもできる。

(2) 伝 送 方 式

群別 2 線式搬送波阻止単側帯波伝送方式

(3) 線 路 周 波 数

低 群 12 ~ 60 kc

高 群 72 ~ 120 kc

(4) 周波数配列および変換方式

第 30 図に示すように、メカニカルフィルタを使用し、音声周
波を一挙に高周波群に変換する V × 12 方式を採用した。

(5) 監視電流周波数

低 群 60 kc

高 群 72 kc

(6) 線路送出レベル

通話電流 -10 dBm/CH

信号電流 -20 dBm/CH

監視電流 -25 dBm/CH

(7) 線路側インピーダンス

75 Ω 平衡

ケーブル線路に接続する場合は 75 Ω: 140 Ω の中継線輪をそう入
する。

(8) 音声周波数帯域

300 ~ 3400 c/s

(9) 伝 送 特 性

送信特性 CCITT 規格の 2/5 以下

送受信特性 CCITT 規格の 3/5 以下

(10) 音声入出力レベル

4 W-S -8 dBm

4 W-R +4 dBm

(11) 音声側インピーダンス

600 Ω 平衡

(12) 通話路ひずみ率

800 c/s 標準レベルにて

2 次ひずみ 30 dB 以上

3 次ひずみ 40 dB 以上

(13) 通話路過負荷特性

標準レベルより 3.5 dB 上昇に対し残留損失の増加は 0.3 dB 以
下。

(14) 了解性漏話

遠端漏話 65 dB 以上

近端漏話 (同一通話路) 50 dB 以上

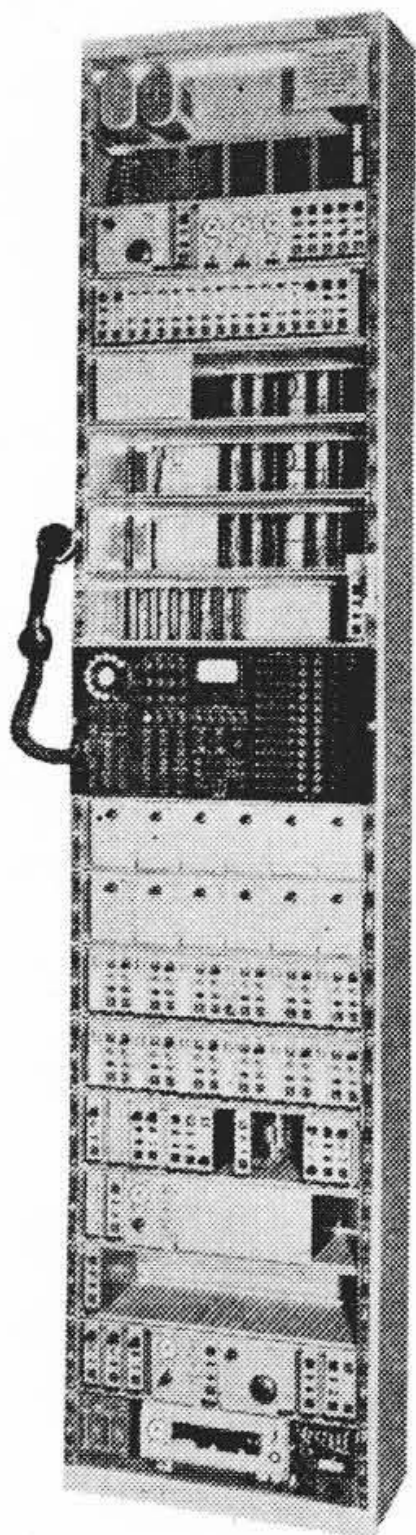
第 2 表 警 報 用 周 波 数

状 態	第 1 中継局	第 2 中継局
平 常	2,840 c/s	2,500 c/s
監 視 障 害	2,770 c/s	2,430 c/s
出 動 障 害	断	断

- (15) 雑 音
端局対向にて 1200 Pw 以下
- (16) 信 号 方 式
帯域外 1 周波 (3850 c/s) 方式
トールダイヤルの場合 無通話時送出
リングダウンの場合 信号時送出
- (17) ダイヤルひずみ
ダイヤル速度 10, メークレシオ 33 %, レベル変動± 3.5 dB に
対し符号ひずみ± 5 ms 以下。
- (18) AGC 特性
標準レベル± 5 dB の間の入力レベル変動に対し圧縮率 0.1 以
下。
- (19) 搬送電流供給方式
4 kc 水晶発振器より高調波発生器にて搬送電流および監視電
流をうる。
- (20) 搬送電流周波数
76, 80, 84, 88, 92, 96, 100, 104, 108, 112, 116, 120, 132 kc
- (21) 周波数安定度
搬送電流発振器 1×10^{-5} 以内
信号電流発振器 ± 5 c/s 以内
- (22) 搬信供給能力
最大 5 システム
- (23) 電 源
DC 24 V ± 10 % 約 3 A
- (24) 使用トランジスタ
2 SA 15 H 2 SB 67 H
2 SA 41 H 2 SB 77 H
2 SA 80 2 SB 80
2 SA 86 H
2 SA 87
2 SA 231

5.2.2 中 継 装 置

- (日立形名 CR-1202 形)
- (1) 伝送周波数帯域
A→B 12 ~ 60 kc
B→A 72 ~ 120 kc
- (2) 中継増幅器ひずみ減衰量
出力レベル+ 8 dBmにて
2 次ひずみ 55 dB 以上
3 次ひずみ 55 dB 以上
- (3) 中継増幅器雑音
3.1 kc 帯域にて入力換算
−130 dBm 以下
- (4) 鳴 音 安 定 度
15 dB 以上
- (5) 電 源
DC 24 V ± 10 % 約 0.3 A
- (6) 使用トランジスタ
2 SA 15H 2 SB 77 H
2 SA 41 H



第 31 図 CT-1206 形一般
用端局装置内部構造

2 SA 80
2 SA 87

中継間隔, 等化特性などはすべて端局装置に同じ

5.2.3 監視および打合回路

本装置は中継局を無人化できるよう, 中継局機器の障害を有人
の端末局に伝送し可視, 可聴の警報を出している。警報の種類は
出動障害 1 要素, 監視障害 1 要素の計 2 要素で, 端末局における
監視は 3 方向各 2 中継局合計 6 局分の容量を有している。

警報の伝送には音声心線 1 対を使用し, 打合通話の上部に警報
周波数を配列してある。

(1) 警 報 周 波 数

第 1 中継局用 2770 c/s および 2840 c/s
第 2 中継局用 2430 c/s および 2500 c/s

(2) 警報周波数割当

第 2 表に示す。

監視障害とは中継局交流停電の場合であり, 蓄電池浮動充電の
ため, 24 時間程度は蓄電池より供給可能であるから, 保守者はた
だちに出勤する必要はない。

出動障害とは中継局ヒューズ断, 整流器出力電圧異常, 警報発
振器故障などの場合であり, ただちに保守者の出勤を必要とする。

(3) 打合通話周波数

300 ~ 1800 c/s

(4) 打合通話呼出方式

中継局→端末局 16 c/s 呼出またはスピーカ呼出
端末局→中継局 携帯電話機 16 c/s 呼出

(5) 回路インピーダンス

600Ω 平衡

ケーブル線路に接続する場合は 600Ω : 370Ω の中継線輪をそ
う入する。

5.3 構 造

本装置は幅 520 mm, 奥行 225 mm の CCITT 勧告規準によった標
準きょう体で, 高さは一般用端局, 増設用端局は 2,350mm, 中継装
置は 1,500 mm である。装置の構造はすでに各種トランジスタ装置
に適用されている D 形構造によっている。すなわちトランジスタを
主体とする各種回路部品はプリント配線板上に配置され, これらプ
リント配線板がきょう体にプラグインされる。プラグインするため
のレール台ならびにプリント配線板のフレームはダイカスト製品を
使用している。表面カバーをはずした内部構造を第 31 図に示す。
本装置では活性回路を含んだ 12 通話路共通部は, すべて予備シー
トをきょう体内に実装しており, 障害の際は差し替えるようになって
いる。このため, 万一障害が起こっても全通話路断の障害はきわ
めて短時間に止めることができる。

6. 結 言

今回の回線は裸線にケーブル搬送を重畳するという従来ほとんど
行なわれなかった方式をとったが, 種々対策を行なった結果, ほぼ
所期の性能をうることができた。このような回線はケーブル化の過
程において将来とも起こりうるもので, その場合の回線設計の一助
になりうれば幸いである。なお将来は無人中継局の電源設備を簡易
化するためにケーブル心線を使用した遠方給電方式も検討したいと
思う。

終わりにのぞみ, 種々ご指導ご協力をいただいた日本国有鉄道通
信課, 来課長(現在旭川鉄道管理局長), 斉数課長, 近課長補佐(現
新潟支社通信課長), 金沢鉄道管理局, 牧田通信課長はじめ関係のか
たがたおよび日立製作所の関係各位に厚くお礼申しあげる。