

災害対策用5GHz帯可搬形無線装置

大井 次郎
及 能 調

● 解説 ●

情報化社会の基幹をなす公衆電気通信網が天災等で罹障し、通信が途絶した場合の社会的影響は極めて大きい。昭和43年5月に発生した十勝沖地震で得た経験を通じて公社では種々の災害対策を行ってきた。この一環として新たに種々の可搬形無線装置が開発されてきたがそのひとつにマイクロ波帯を用いて長距離無線伝送路を構成している山上等の無線中継所が被災した場合に対応するための可搬形無線装置がある。

本稿で紹介する「災害対策用5GHz帯可搬形無線装置」は昭和47年、新たに開発されたSF-E1方式（伝送容量1システム当たり電話2,700CH）が被災した場合に対応するための無線装置であり、この種の長距離用災害対策無線装置としては初めて全固体電子化したものであり、操作性、信頼性の向上を図っている。以下に本方式の概要を紹介する。

（施設局 無線課長 西野 孝平）

1 はじめに

長距離マイクロ波伝送路に対する災害対策用可搬形無線装置については昭和45年「災害対策用4GHz帯可搬形無線装置」（以下、4Pと略す）、「災害対策用6GHz帯可搬形無線装置」（以下6Pと略す）が開発された。

その後、長距離マイクロ波伝送路に昭和47年5GHz帯方式（SF-E1方式）が加わり、この方式に対する災害対策の必要性も高まったので昭和50年に「災害対策用5GHz帯可搬形無線装置」（以下5Pと略す）を開発し、昭和51年現場技術調査を行った。

本稿では5Pを主として紹介することとし、あわせて4P,6Pについても簡単に触れることとする。

2 可搬形無線装置に要求される諸条件

可搬形無線装置は山上無線中継所等が被災した場合に、速やかに回線復旧できるための考慮が払われていなければならない。

被災後の悪条件の下で迅速かつ能率良く作業ができるための条件を下記に示す。

- (1) 機動性に富み、運搬が容易であること。
- (2) 小形、軽量であること。
- (3) 操作性が良く、また安全性が高いこと。
- (4) 電気的特性が良好であり、十分な信頼度を有すること。

(5) 比較的悪天候下でも運用上、支障がないこと。

これらの諸条件を満足するよう、以下の点に配慮し装置設計を行っている。

2.1 輸送重量

災害時における輸送は道路の寸断、交通事情の悪化等によりヘリコプター輸送によらざるを得ない場合が多い。通常公社が使用するヘリコプターの最大重量は3,825kg、自重は2,115kgであるから搭乗員、作業員の重量も含めた最大積載荷重は1,710kgとなる。このうち1,100kgを可搬形装置類全体の設計目標値としているが、回線復旧時の装置類の運搬は、5Pも従来の4P,6Pと、同様に2回に分けて行うこととしている。装置類の重量を表1に示す。

2.2 回線品質

装置の重量と密接な関係にあるものに送信出力がある。出力が大となれば重量が増大するばかりでなく消費電力も大となるため、電源装置の重量も増大する。このため4P,6P,5Pとも送信出力は通常の伝送路に設置される装置よりも減少せざるを得ない。

またアンテナも小さくする必要があるのでアンテナ利得も減少する。このため受信入力電界が減少し熱雑音が増大する。干渉雑音についてもアンテナが小さいため指向特性がやや不足し増大することとなる。

表1 ヘリコプターに許容される装置類重量目標値

| 積載種別 | 装置類 | 1装置当りの重量 | 数量 | 小計重量 |
|---------------------------|-----------------|----------|----|------------|
| ヘリコプターの外部にコンテナ収容して吊り下げるもの | 無線装置 | 30kg | 8 | 24kg 以内 |
| | 1.2mD アンテナ | 50kg | 4 | 200kg 以内 |
| | 直流発電装置 | 20kg | 3 | 60kg 以内 |
| | 補助用タンク | 20kg | 1 | 20kg 以内 |
| | コンテナ(吊具, 保護板含む) | 200kg | 1 | 200kg 以内 |
| | サンドバッグ等, その他 | 20kg | 1 | 20kg 以内 |
| | 小計 | - | - | 740kg 以内 |
| ヘリコプターのキャビンへ収容するもの | 接続ケーブル 工具類 | 150kg | 1 | 150kg 以内 |
| | EG 制御函 | 50kg | 1 | 50kg 以内 |
| | アンテナ付属品 | 40kg | | 40kg 以内 |
| | 小計 | - | - | 360kg 以内 |
| 計 | | | | 1,100kg 以内 |

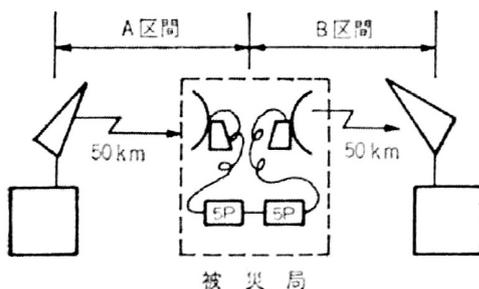
こうした非常時の回線品質の劣化はやむを得ないところであり、雑音配分は無評価値 10,000PW(S/N = 50dB)と定めている。図1に5Pの場合の雑音配分値の概要を示す。

2.3 電源

被災回線は予備システムも含めた全システムを救済するが、消費電力量と重量制限を考慮して電源装置も分割輸送システムで設計している。つまり最初の出動時には電源もとりあえず救済する数システム分だけの電力量を満足する規模の装置にとどめ、全システム救済時には別に設計した可搬形整流電源装置から安定した電源を供給することとしている。

被災局を正常な形まで復旧するには相当の期間を見込まなければならないことも考えられる。長期間安定な電源を得るためには浮動電源方式が最良であり、可搬形整流電源装置もこの方式を採用することとした。

3 5GHz 帯可搬形無線装置の特徴



本装置は 4P, 6P と同一設計思想で開発したものであるが次のような特徴を有している。

- (1) 全固体電子化している。
- (2) 各システムごとに端局形 TY 構成である。
- (3) 信頼度向上のため警報ランプに発光ダイオードを用いている。
- (4) アンテナの方向調整が容易である。
- (5) 1.2mD アンテナの耐風速は 45m/s である。

なお 4P, 6P との比較を表2に示す。

表2 4P, 5P, 6P の比較一覧

| 方式 | TY-5P | TY-4P | TY-6P |
|----------|------------|---------------|---------------|
| 諸元 | | | |
| 装置構成 | TY 構成 | RU, TJ構成 | RU, TJ構成 |
| 送信出力 | 1W | 300mW | 300mW |
| 最終増幅 | インパットダイオード | 進行波管 (3波共通増幅) | 進行波管 (2波共通増幅) |
| AGC 外部端子 | 有 | 無 | 無 |
| 警報ランプ | 発光ダイオード | ランプ | ランプ |

4 装置の概要と構成

5P は表3に示すような 11 種の装置類とコード類により構成されており 4P, 6P もほぼこれと同様な構成となっている。

4.1 TY-5P 形「」号 FM 送受信装置

4P や 6P では進行波管による共通増幅を行うため、送信部 (TJ) と受信部 (RU) とがそれぞれ別装置となっているが本装置では伝送容量が多く、進行波管による共通増幅では漏話が生じることや、各システムごとに進行波管を使用すると経済性が損なわれまた重量も増大することもあるため、全固体電子化を図った。このため各システムごとの TY 構成も可能となっている。

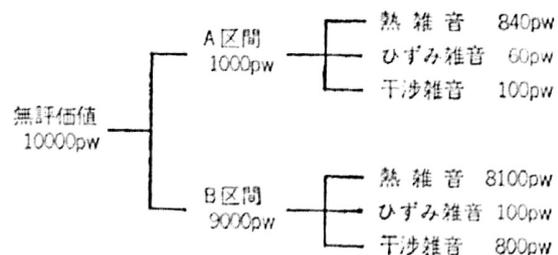


図1 5P の雑音配分値

表 3 5P を構成する装置類一覧

| 装置名 | 数量 | 第 1 回目の輸送 に必要なもの | 記 事 |
|------------------------|-----|---------------------|--------------------------------------|
| TY-5P 形「1~7」号 FM 送受信装置 | 7×2 | 4×2 | 送受信周波数の反転が必要 |
| TR-5P 形「1~4」号送受信装置 | 4×2 | — | 送受信周波数の反転必要なし |
| IU-5P 形 1.2mD アンテナ装置 | 4 | 4 | 架台, リフレクタ, 一次放射器, 付属品 |
| IU-5P 形 1.8mD アンテナ部品 | 4 | — | 三脚, リフレクタパネル, 取付枠等, 付属品 |
| AY-5P 形スケルチ装置 | 4 | — | 端局の給電系が被災した場合に使用するものであり, 山上中々には使用しない |
| AX-5P 形制御回線用接続装置 | 2 | — | |
| 打合せ盤 | 1 | — | TR-5P を設置したときに使用 |
| 5P 形整流電源装置 | 1 組 | — | 分電盤 2, 整流盤 6, 制御盤 6, 等 |
| 4P 形整流電源装置 | 6 | — | AY-5P, AX-5P 用 DC-21V 電源 |
| 可搬型無線用直流発電装置 | 1 組 | 1 組 | EG 発電機 3, 制御箱 1 |
| 5P 形携行用品 (コンテナ) | 1 | 1 | 吊具, 保護カバー, サンドバッグ |
| 接続コード類 | 1 式 | 必要数 | 各装置間の接続コード |

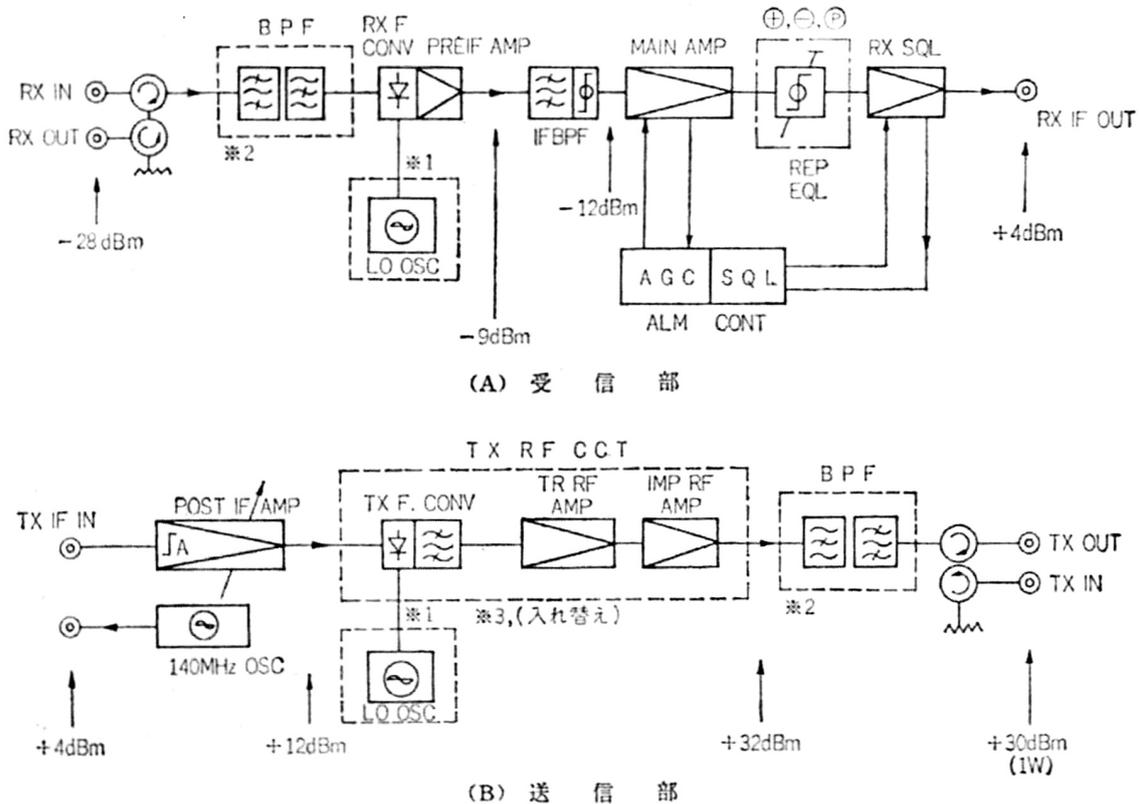


図 2 TY-5P 形「」号 FM 送受信装置系統図

増幅部にはトランジスタ増幅器とインパットダイオードを使用した負性抵抗増幅器を用い、出力は 1W の無調整形である。

装置の局部発振盤は送受別々に備えておりいわゆる端局形の装置構成である。これは無線局の送受信周波数が 1 局ごとに繰り返して使用する 2 周波方式なので被災局の送受信周波数の反転が必要な場合を考慮しているためである。図 2 に本装置の系統図を示す。

なお図 2 において点線で囲んである部分は送受信周波数の反転の際に接続又は入れ替える部分である。BPF は周波数特性のため送信部と受信部とを交換するが、局部発振盤はコネクタの接続替で周波数が反転する構造となっている。

Tx RF CCT 盤は増幅器が進行波管のように広帯域増幅ができないため該当するシステムの反転パネルと入れ替える。

標準受信入力電界は -28dBm , IF は 140MHz である。

送信部の POST IF AMP には IF ケーブルの使用長に応じ (3C-2T 同軸ケーブルを最大 90m まで延長可能) ケーブルで発生する損失及び振幅周波数特性を補償する機能を備えている。

外部構造は小形, 軽量, 耐震性を考慮してフレームはアルミ合金を使用し, マイクロ波回路も導波管を使用せず同軸を用いている。

また AGC 電圧は受信入力電界にほぼ比例して変化するので, この特性を利用してアンテナの方向調整を行えば作業の能率を向上することができる。このため装置の前面に AGC 外部出力端子を設けて, テスター等の電圧計を接続して, その読みをアンテナ調整の手元で行えるようにしている。写真 1 に本装置の外観図を示す。

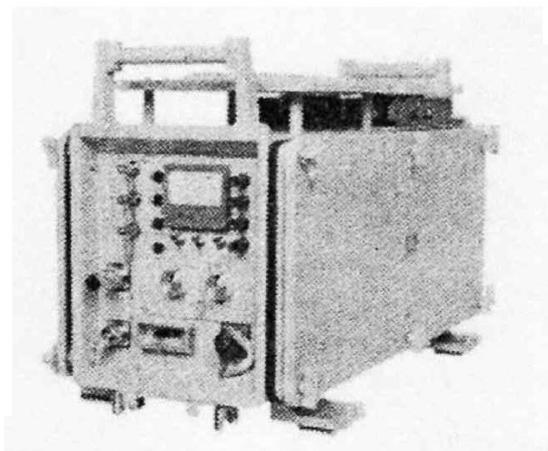


写真 1 TY-5P 形「」号 FM 送受信装置外観図

4.2 TR-5P 形「」号送受信装置及び打合せ盤

本装置は無線中継制御回線を臨時的に構成するための装置で打合せ盤を接続することにより, ほかの無線中継所との打合せも可能となる装置である。

本装置も全固体電子化されており, 外観構造はほぼ TY-5P 形 FM 送受信装置と同じである。送受信周波数の反転は必要なくどの局でも使用できるよう 8 台準備してあるので被災局に該当する周波数の装置を 4 台出動させればよい。図 3 に本装置の系統図を示す。

受信部には AGC 回路をもたず, DEM 部において 4 段のエミッタ接地増幅器に緩やかな振幅圧縮作用をもたせ, 入力レベルが上昇するに従い, 後段より順次飽和させ, 出力レベルを一定にする回路構成となっているのが特徴である。受信部の IF は 70MHz である。

送信部は局部発振盤を有しておらず, キャビティで周波数制御された 2.5GHz 帯のトランジスタ発振器から直接「発振通倍」方式による 5GHz 帯を得る方式であり, 回路構成が非常にシンプルである。

またこのとき使用しているキャビティにはバラクタダイオードを結合させ, ベースバンド信号の振幅変化がダイオードの容量変化となることを利用して共振周波数を変化させ, 直接 FM 変調を行っている。

なお送信出力は 40mW である。

打合せ盤は 4P, 6P とも共通して使用できるもので回路構成は主として FIL と変復調が組み込まれており, 延長

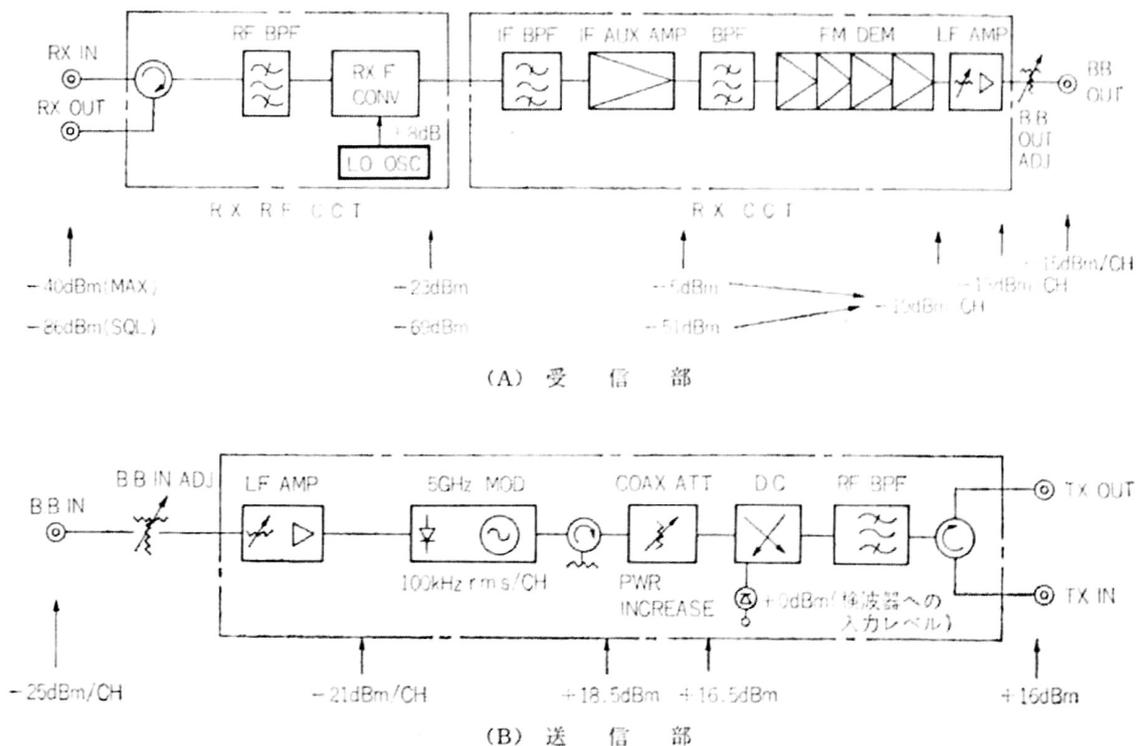


図 3 TR-5P 形「」号送受信装置系統図

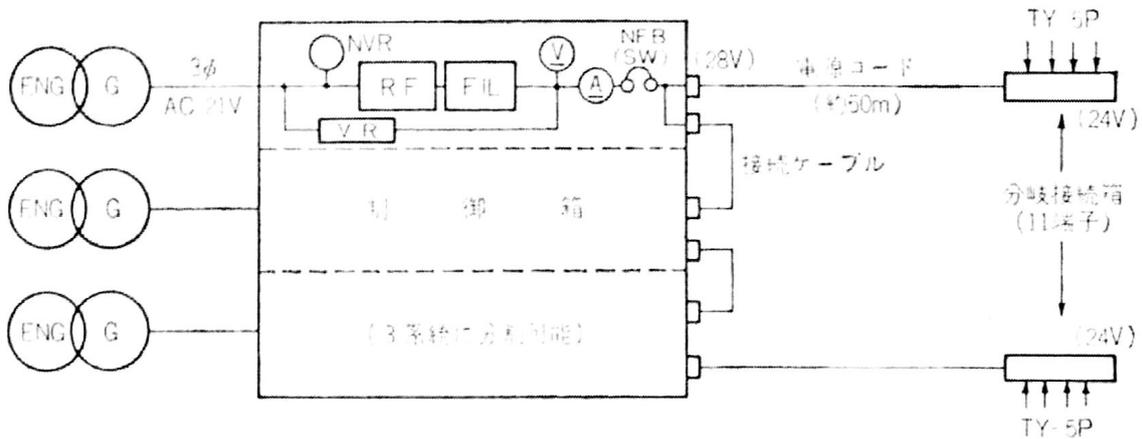


図4 可搬形無線用直流発電装置系統図

コードを使用することにより約 40m 離れた場所からも打合せが可能なるものである。

無線装置には上記のほか、端局等において給電系が被災した際に使用する「AY-5P 形スケルチ装置」や「AX-5P 形制御回線接続装置」等の付属装置も準備している。

4.3 可搬無線用直流発電装置

本装置は 4P の開発時に作られたもので、その後若干の改良が加えられ 6P, 5P にも使用している。コンテナ (5P 形携行用品) で輸送するために小形、軽量化を図っているので出力も小容量 (350W×3) である。

装置はエンジンに直結された発電機 3 台と制御箱 (3 台に分割可能) 及び分岐接続箱で構成されている。発電機は三相交流発電機であり、その出力は 1 台当たり 21V12A である。この出力を制御箱で整流し、平滑回路を通して DC-28V の制御出力を得ている。

更に長さ 50m の電源接続コードで数ボルトの電圧降下させた後、コードの先端に接続する分岐接続箱の端子で DC-24V の規定電圧を得られるようにしている。

本装置の系統図を図 4 に示す。

4.4 5P 形整流電源装置

本装置は単相交流 200V 入力を直流 24V の安定した電源を無線装置に供給するための浮動電源装置である。分電盤 2 台、整流盤 6 台、制御盤 6 台、分岐接続箱 6 台で構成されている。

可搬無線用直流発電装置では全システム救済時に電源容量が不足するため本装置を使用する。

本装置は被災局の電源状況に応じ、商用電源の回復や移動電源車の運転などにより、単相交流 200V 入力を確保し、動作させるものである。

分電盤は 2 台あり、それぞれ入力系統を 3 回路有しており、切替器により任意に選択できる。出力は入力と同じ交流 200V であるが 1 台の分電盤から 3 系統の出力を得ることができ、それぞれの系統の整流盤に接続される。整流盤は直流 25V とバッテリー充電用 29V を得るもので、トランスとシリコン整流器により構成されている。

整流盤の出力は長さ約 1m の接続コードで制御盤に接続される。従って整流盤と制御盤とは離して設置することができない。

制御盤は安定化電源を作り出すもので浮動用のバッテリーもこれに接続される。制御盤の出力は直流約 25V とバッテリー充電用直流 27V である。

浮動用バッテリーを接続した場合は「蓄電池予備 SW」を ON としなければ浮動電源として動作しないので注意を要する。

制御盤には長さ約 5m の接続コードを介して分岐接続箱が接続される。

分岐接続箱での出力は定格負荷時で約 24V の直流が得られるが 1 台の制御盤、整流盤の電流容量は定格 10A であるので (24V×10A = 240W) 5P の場合、1 台の分岐接続箱に接続する無線装置は 3 台までである。(TY-5P 1 台当たりの消費電力量は約 80W)

分電盤 1 台当たりの整流盤、制御盤の系統図を図 5 に示す。

電源装置としてはこれらの装置のほかに AY や AX 装置に用いるための直流 21V 用の「4P 形整流電源装置」がある。

本装置は主として端局等で使用するため、浮動電源方式にしなくとも安定した 21V の電源がほかから容易に得られることや AY, AX 等の消費電力量が小さいことなどの理由により、予備電源装置として準備したもので小形・軽量化が図られている。

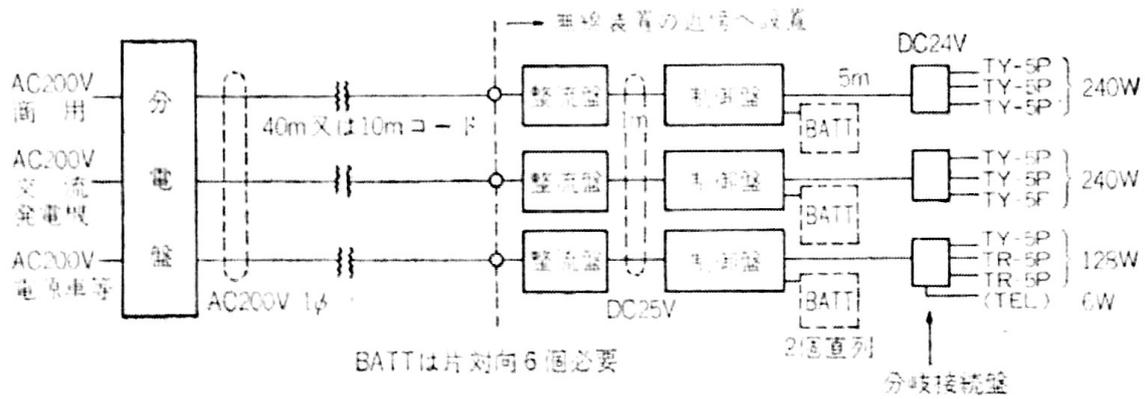


図5 5P形整流電源装置系統図(1系統分)

4.5 IU-5P形 1.2mD アンテナ装置及び IU-5P形 1.8mD アンテナ部品

5P用のアンテナとしては、4P,6Pに使用しているアンテナを改良して耐風速を向上させた1.2mDアンテナ装置と、従来形の1.8mDアンテナ部品の2種類を準備している。

1.2mDアンテナ装置はアンテナ収容フレームの中にアンテナリフレクタ及び一次放射器が収納されており、フレームはそのままアンテナ架台として使用する構造となっている。方向調整は水平面±45度、垂直面±10度の範囲で可能であり、支線を張って耐風速を45m/sにした場合は水平面の調整範囲が±5度程度に狭くなるが実質上問題はない。

なお組立ての際には作業能率を向上させるため必ず添付の専用工具を用いることが大切である。また支線を容易に張れない場合はサンドバッグ30袋に砂利を入れ、架台の下部に積み上げるだけ(450kg)で風速30m/sに耐えることができる。

アンテナの特性としては利得約31dB、VSWRは1.5以下である。

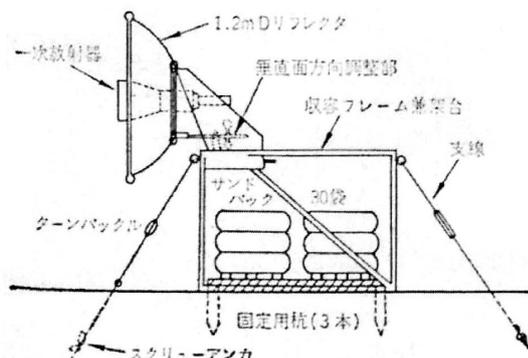


図6 IU-5P形 1.2mD アンテナ装置組立図

1.8mDアンテナ部品は輸送に便利のように10枚のリフレクタパネルとセンタープレート、取付枠、三脚とから構成されており、一次放射器は有していない。

一次放射器は1.2mDアンテナ用のものを共通して使用できる構造としてあり、4P,6Pから同一設計思想となっている。

アンテナ利得は1.2mDに比較して約3dB良いので全システムを救済するにはアンテナを切り替えることにより、より良い回線品質が得られる。

図6に1.2mDアンテナ装置の組立概略図を示す。なおアンテナはカセグレン形式である。

4.6 5P形携行用品

本品は通称コンテナと呼ばれるものであり吊具、保護カバー、コンテナ本体で構成されている。TY-5P形「」号FM送受信装置8台、可搬無線用直流発電機3台を収容しIU-5P形1.2mDアンテナ4基を搭載してヘリコプターによる吊り下げ輸送、又はトラック等による輸送を容易に行うためのものである。

このほかサンドバッグ120袋(中に入れる砂利は現地で調達)等も同時に輸送することができる。

5 出動及び設営

無線中継所が被災し、通信が断となった場合、装置類の常置局に対し出動要請が出される。

まず被災局の使用している周波数を確認し、必要ならば無線装置の送受信周波数の反転作業を輸送車の到着までに終了させておかなければならない。

また接続コード類のチェック並びに燃料、バッテリー調達等を関係部門と密接に連絡をとりながら出動することとなる。写真2にヘリコプターによる出動の様子を示す。可搬形無線装置が被災局に到着したならば、設営場所



写真 2 ヘリコプターによる輸送

をはっきり決める必要がある。この判断は被災規模の大きさにより、装置は相当の長期間運用しなければならないことも想定されるので重要である。

また設営に際しては 4P, 6P, 5P とも各システムの使用している周波数の偏波をよく確認する必要がある。特に 5GHz 帯ではあるシステムの受信と送信とで異偏波の組合せで使用しているため装置とアンテナとを接続する場合には注意を要する。図 7 に 1.2mD アンテナを用いた場合の全システム救済例の接続系統図を示す。

図において斜線部分は最初に救済した TP-1~4 である。また受信部の REP EQL 素子はアンテナからみて装置の接続順序が周波数配列上、必ずしも順列配列とならないこともあるので遅延特性を等化するために入れ替え

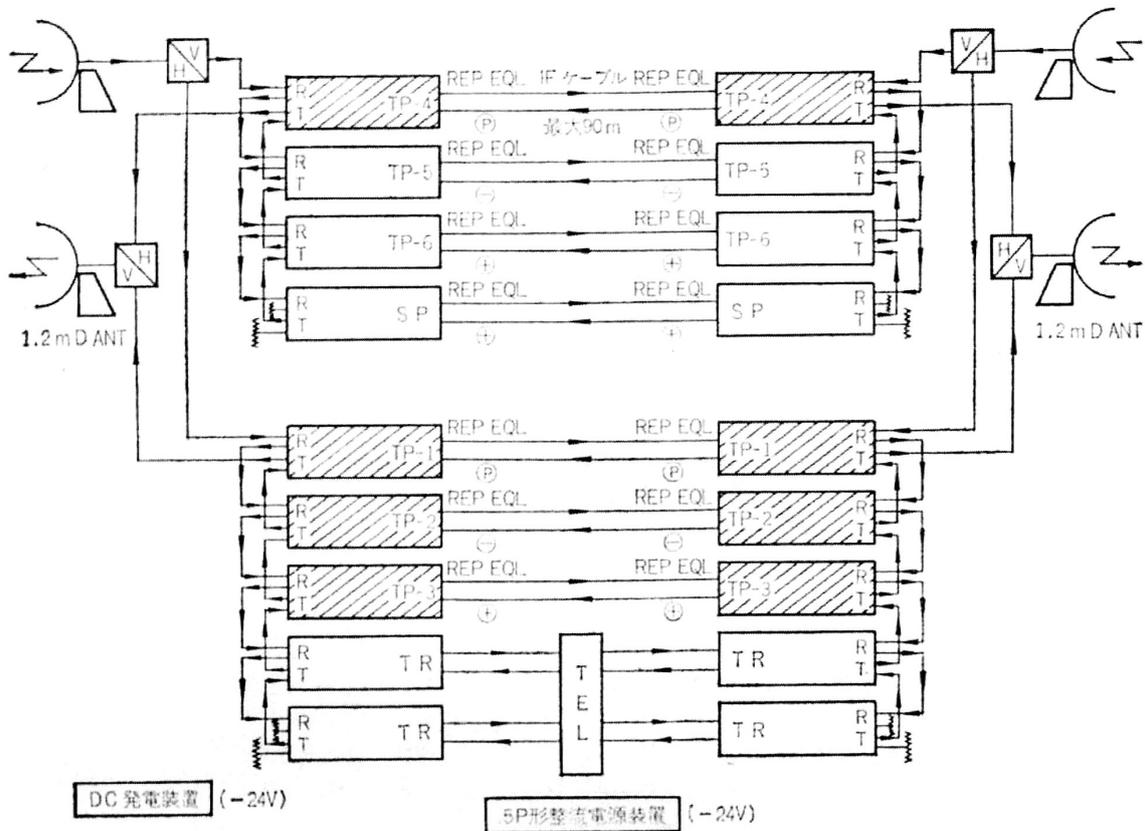


図 7 5GHz 帯可搬形無線装置接続図

なければならない。図においては入れ替えた後の素子の種類を示している。

6 あとがき

本方式も 4P, 6P と同様、装置類が被災局に到着後、約 3 時間以内で回線復旧が可能であり、昭和 51 年に行った現場技術調査においても良好な結果が得られている。

5GHz 帯可搬形無線装置の配備局は東海電気通信局管内の豊橋統制無線中継所と関東電気通信局管内の十条

統制無線中継所であり、今後も全国的に建設されていく SF-E1 方式が、万一被災した場合にはその威力を発揮できるものと期待される。

最後に本方式を開発するにあたって御協力いただいた関係各位、また現場技術調査を進めるにあたって御協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

(筆者 大井氏 技術局無線部門無線担当調査員
及能氏 現 マイクロ無線部設計担当
前 技術局無線部門無線担当)