

中部電力株式会社 納

固体電子化 400 Mc 帯多重無線装置

Transistorized 400 Mc Band Multi-Channel Radio Equipment Delivered
to Chûbu Electric Power Co., Inc.

小 和 田 明* 佐 藤 甲 一**
Akira Kowada Kôichi Satô
山 本 真 吾** 臼 井 生 郎**
Shingo Yamamoto Ikurô Usui

内 容 梗 概

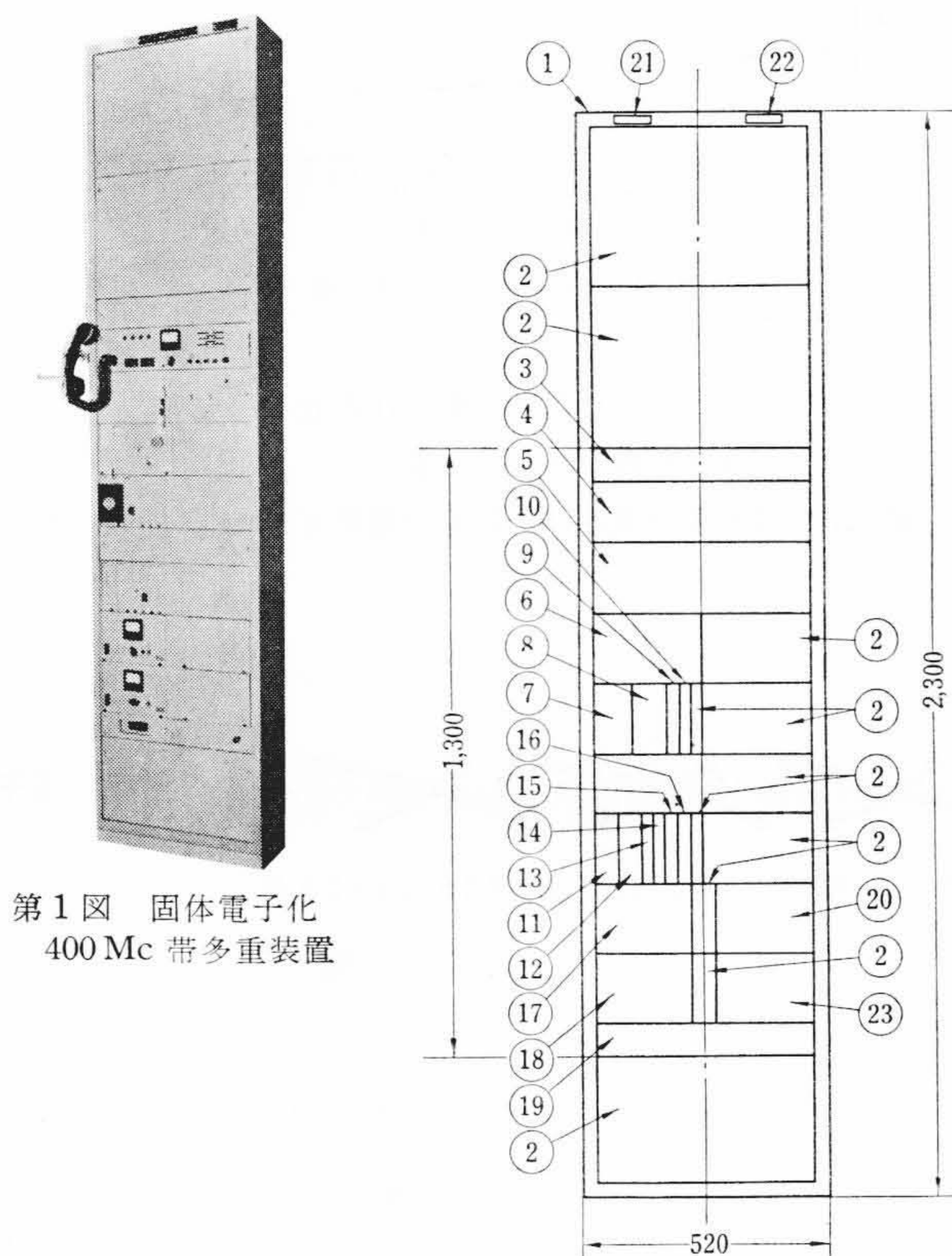
近年、文化の著しい発展にともない通信情報量は増加の一途にあるが、これらの情勢に対処するための一装置として、小容量の通信回線用に好適な 400 Mc 帯多重無線装置が注目を集め、実用化されている。日立製作所では、すでにこれに関する機種を多数製作し、日本電信電話公社、日本国有鉄道、各電力会社などに納入してきた。今回、さらにこれらに検討を加え、大部分固体電子化した 400 Mc 帯多重無線装置の完成をみたので報告する。

1. 緒 言

400 Mc 帯多重回線は、マイクロ波、同軸ケーブル回線などの主幹線からの分岐回線ならびに 24 チャンネル以下の単独回線の通信網の手段として利用されつつある。これまでに日本電信電話公社のご指導により開発した TR-6 形 400 Mc 帯多重無線装置⁽¹⁾についてはすでに報告したが、今回さらに消費電力の低減、装置の小形化、保守、信頼性の向上、交換機、搬送端局装置などとの電源の共通化を図るとともに、特に送信部の固体電子化、実装方式を検討し、本装置の開発を行なった。送信出力は高周波高出力トランジスタの開発が進み、全固体電子化送信機の完成をみるのもそう遠い将来ではないと思われる。しかしながら、現状において高送信出力を得るためには、終段を真空管にしたほうがより効率的であり、信頼性も高い。本装置は 400 Mc 帯 5 W までを固体電子化し、終段にセラミック封止管 2C39A を使用して送信出力を 20 W としたものであり、昭和 40 年 4 月中部電力株式会社静岡支店に納入され現在、引き続き良好に稼動中である。

2. 装置の概要

本装置は 400 Mc 帯固定局用超短波多重用送受信装置で、第 1 図のような外観を備え、第 2 図に示すように実装されている。架実装は左側に現用、右側に予備装置が実装可能である。また、多重用端局装置 MT-12⁽²⁾、MT-24 と組み合わせ最大 24 チャンネルの多重回線が構成できる。送受信部は 20 W 電力増幅部ののぞくすべてが固体電子化されていることにより従来の装置と比べ、約 1/4~1/5 のスペースに実装可能となった。実装方法として、全面的にプラグイン方式を採用し、送信部には 5 プラグイン (5 W 送信出力の場合 4 プラグイン)、受信部には 6 プラグイン分割実装方式を採用した。この分割実装方式の採用は、使用部品の故障率⁽³⁾上から細部に検討を加えたうえで決定されたものであり、故障時の保守が容易であるのみならず、予備のシートは故障率の高いものだけ備えればよく非常に経済的である。電源部は 5 W 電源部と 20 W 電源部にわかれており、DC-DC コンバータによる直流給電方式を採用した。また、交流 100/200 V の使用も可能である。

第 1 図 固体電子化
400 Mc 帯多重装置

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| ① 筐 体 | ⑫ I F A シート |
| ② 空 | ⑬ DEM シート |
| ③ TERM パネル | ⑭ R D F シート |
| ④ 手前: CONT パネル,
奥: RELAY パネル | ⑮ R C A シート |
| ⑤ REC TEST パネル | ⑯ R V A シート |
| ⑥ PA ADP ユニット | ⑰ 20W SOURCE ユニット |
| ⑦ PA MULT シート | ⑱ 5W SOURCE ユニット |
| ⑧ MOD MULT シート | ⑲ MAIN SW パネル |
| ⑨ T D F シート | ⑳ 空パネル |
| ⑩ T VIDEO シート | ㉑ 表示灯 (動作中) 白 |
| ⑪ R F A シート | ㉒ 表示灯 (障 害) 赤 |
| | ㉓ 5W SOURCE ADP ユニット |

第 2 図 架 実 装 図 (特別仕様)

2.1 設 計 方 針

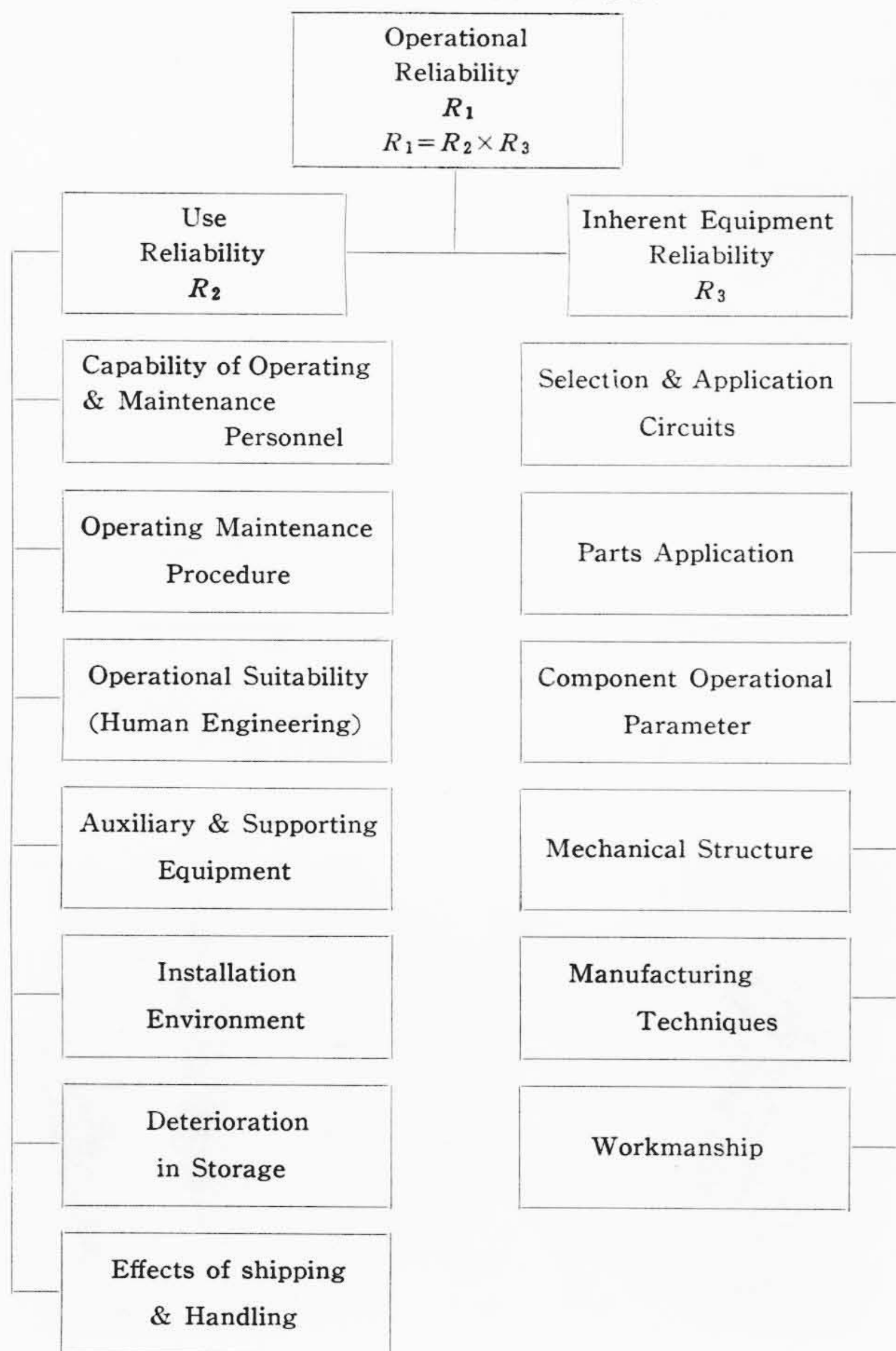
2.1.1 一 搬 的 考 察

固体電子化 400 Mc 帯多重無線装置の詳細に触れる前に、設計上配慮した事項について述べる。装置を保守使用するにあたっては、装置の運用上の信頼性、付属設備との相関が装置固有の性能

* 中部電力株式会社工務部通信課

** 日立製作所戸塚工場

第1表 信頼性に対する配慮項目



よりはるかに重要なファクタであることが多い。初期特性は現在の技術段階においてほぼ同じになりつつある現状においては、特に運用上の信頼性が装置選択のポイントといえる。運用上の信頼性は第1表に示す各項目の総合によって決められる。すなわち装置固有の信頼性と使用上の信頼性とが配慮項目となる。

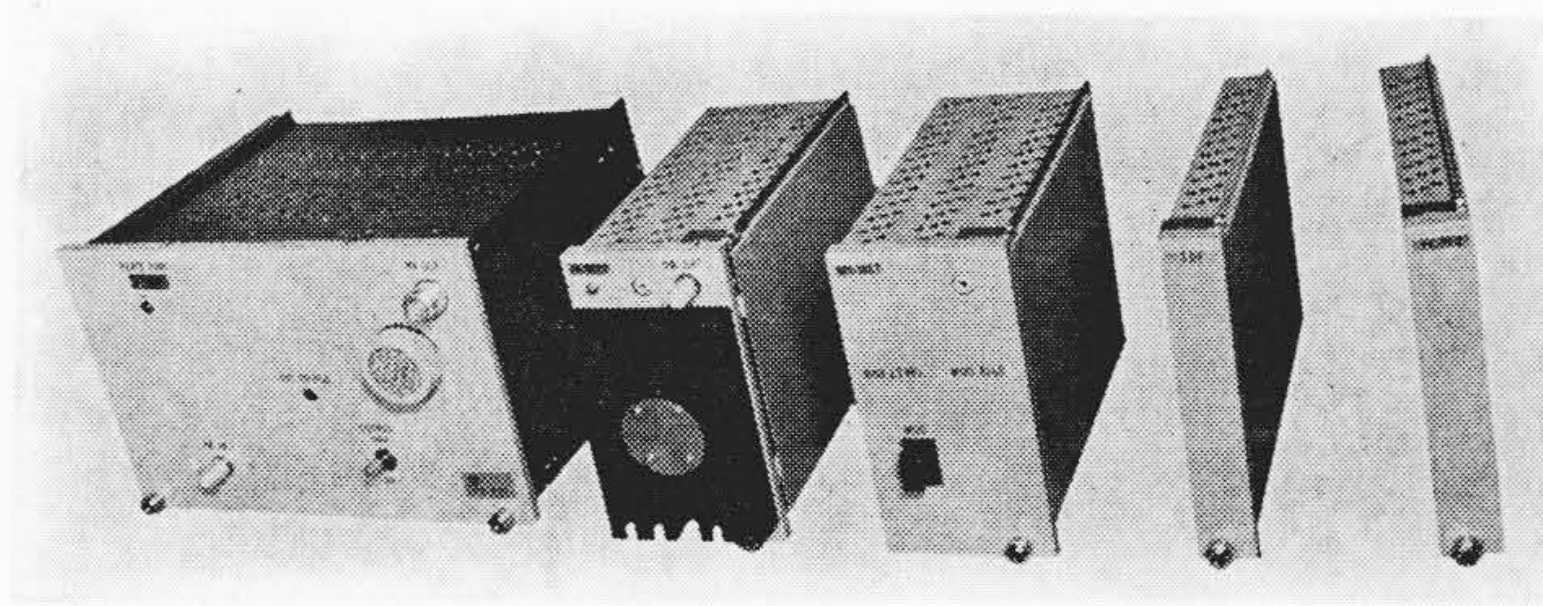
2.1.2 装置固有の信頼性についての配慮

装置固有の信頼性については3項、回路方式と重複するので回路方式の項にゆずる。

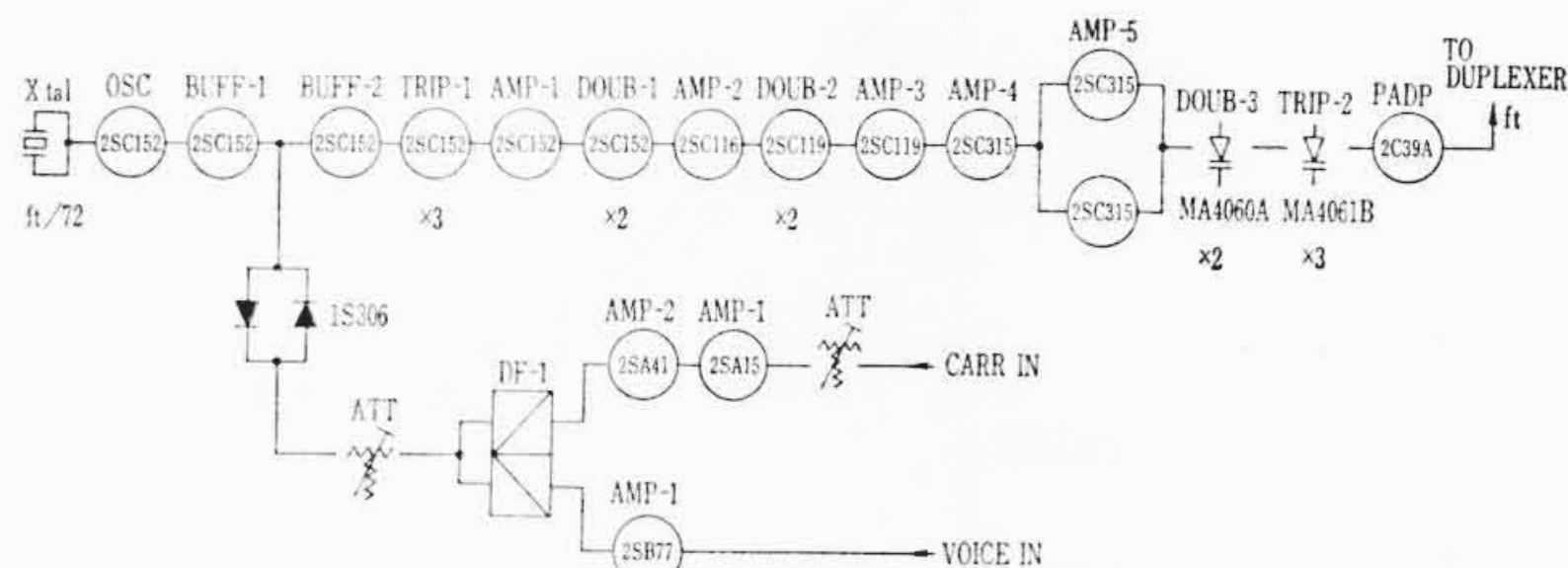
2.1.3 使用信頼性についての配慮

保守者にとって使用しやすいこと、保守しやすいことを満足すれば同じ使用者にとっても使用信頼性が向上することはいうまでもない。しかし、装置固有の信頼性が抜群で永久に故障がないとしても、設置し運用するまでは、なんらかの問題が必ず伴うものであり、現実、なんらかの原因による故障は避けられないであろう。この場合10年に1回の故障であっても修復に数ヶ月を要するならば、2年に1回の故障で1時間以内で修復しうるほうがシステム利用度が高いことは明らかである。以下に保守上、特に考慮した特長として

- (1) 取扱いに特別の技術を要しないこと（電源投入のみ）。
- (2) 装置の状態確認に特別の測定器を要しないこと（折返し試験器を自蔵している）。
- (3) 不良点の分離検出が容易であること（交換単位ごとに自蔵メータによるチェック端子を設置している）。
- (4) 故障修復が容易であること（シート、ユニット方式を採用することにより故障時に即時に交換できる）。
- (5) 予備シート、ユニットが少なくすむ（各シート、ユニットは故障確率と修復時間を考慮した分割方式を採用



第3図 送信部

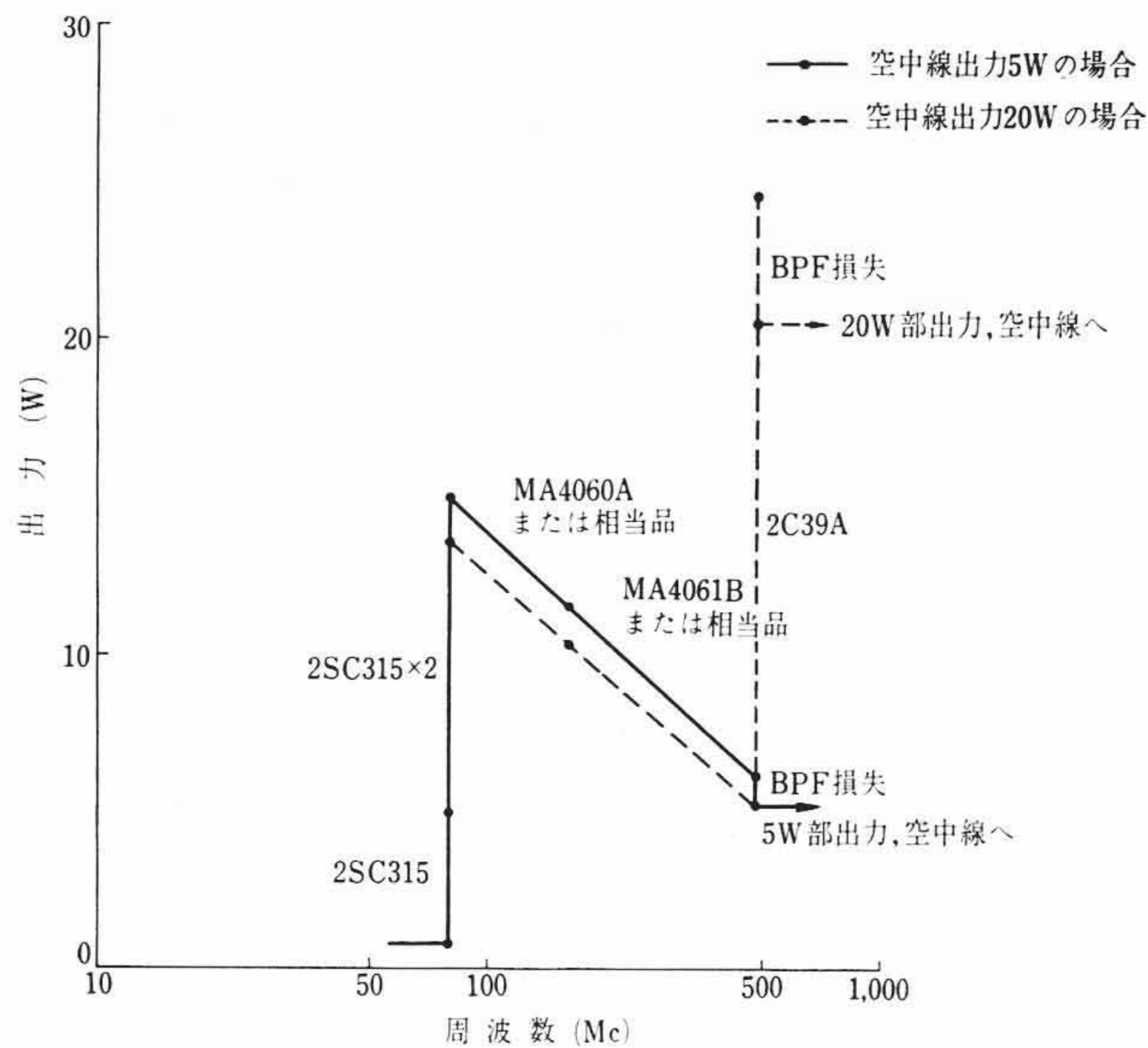


第4図 送信部系統図

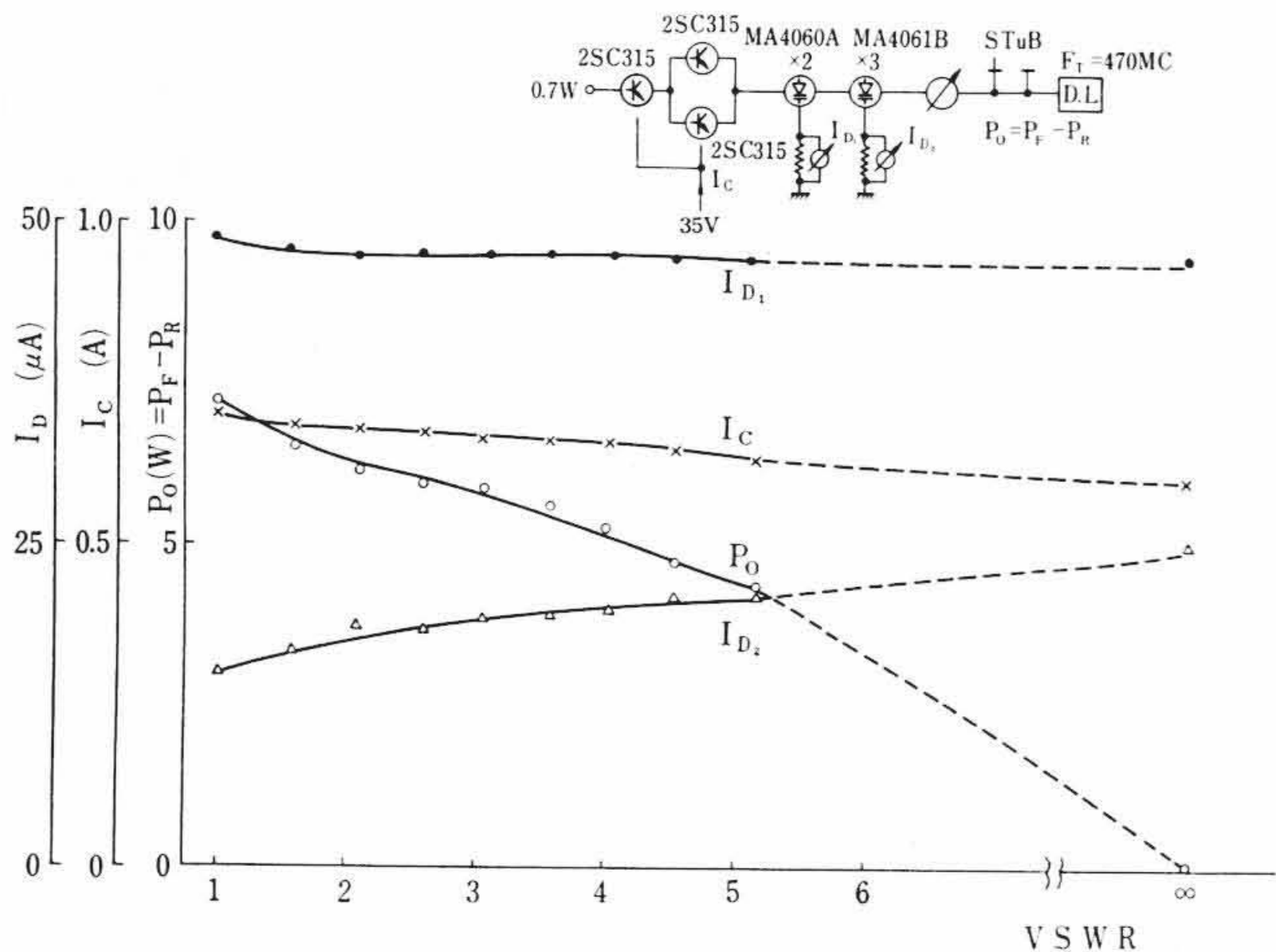
した）。

2.1.4 装置のおもな仕様

- (1) 送受信周波数 送受信周波数は360~470 Mc 内の1波。ただし共用装置使用の場合は送、受周波数が20 Mc 以上離れていること。
- (2) 通話容量 最大24チャンネル
- (3) 使用温度範囲 0~40°C
- (4) 相対湿度 40~90%
- (5) 周波数偏差 $\pm 2 \times 10^{-5}$ 以内(送受とも)
- (6) 送信出力 5 W または 20 W
- (7) 変調方式 水晶制御位相変調方式
- (8) 周波数通倍数 72 通倍
- (9) 受信方式 水晶制御二重スーパーヘテロダイン
- (10) 雑音指数 12 dB 以下
- (11) スプリアス輻射および感度 -60 dB 以下
- (12) 周波数特性 搬送回線 12~108 kc 偏差 2 dB 以内
打合回線 0.3~4 kc 偏差 3 dB 以内
- (13) 変調直線性 54 kc 5 ラジアンピークまで直線、ただし、理想直線からの偏差 2 dB 以内
- (14) 入出力インピーダンス および変調復調感度
入力側 搬送回線 75 Ω $\pm 20\%$ 不平衡 -25 dBm/CH
打合回線 600 Ω $\pm 20\%$ 平衡 0 dBm
出力側 搬送回線 75 Ω $\pm 20\%$ 不平衡 -15 dBm/CH
打合回線 600 Ω $\pm 20\%$ 平衡 0 dBm
- (15) 電源 DC 24 V $\pm 10\%$ の場合の消費電力
5 W 送信出力時 約 90 W
20 W 送信出力時 約 170 W
- (16) 警報
 - (i) 送信障害 (a) 送信出力低減(約 1/2) または断
(b) キャビティ過熱
(c) 高圧過電流
 - (ii) 受信障害 (a) 受信機障害
(b) アンテナ系の障害
(c) 受信入力断
 - (iii) 電源障害 (a) 電源ヒューズ熔断
(b) 定電圧回路障害



第 5 図 送信電力レベルダイヤグラム



第 6 図 5W 送信出力 VSWR 特性

以上の障害に対して可視、および可聴の警報を発する。

3. 回路方式

3.1 送信部

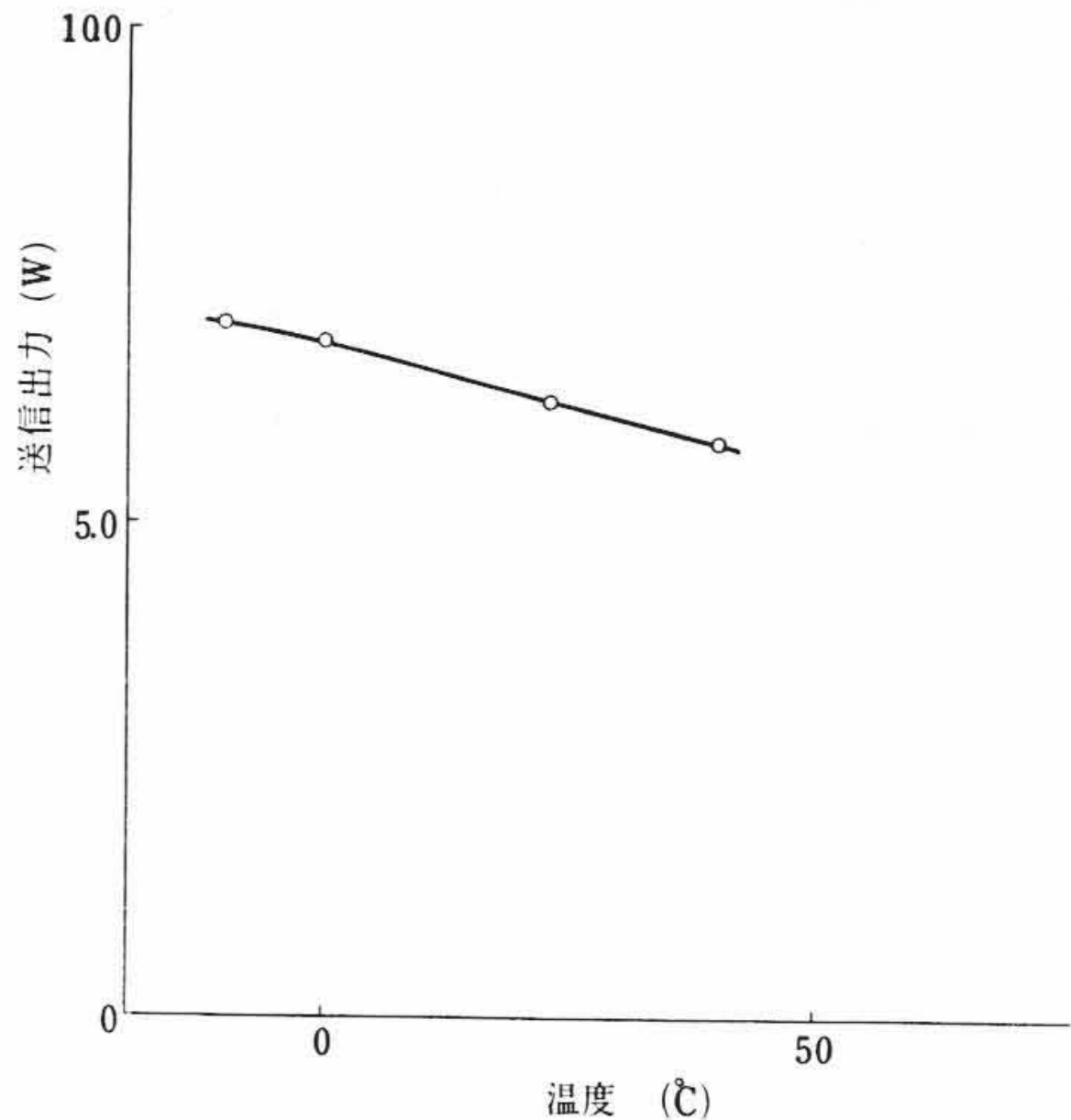
送信部は第 3 図の外観写真および第 4 図の送信部系統図に示すように、機能別にわけられた 4 シート、1 ユニットから構成され、主要半導体素子はすべてシリコン化されており、余裕のある回路設計とともに装置の高信頼性に貢献している。

3.1.1 変調通倍部 (MOD MULT)

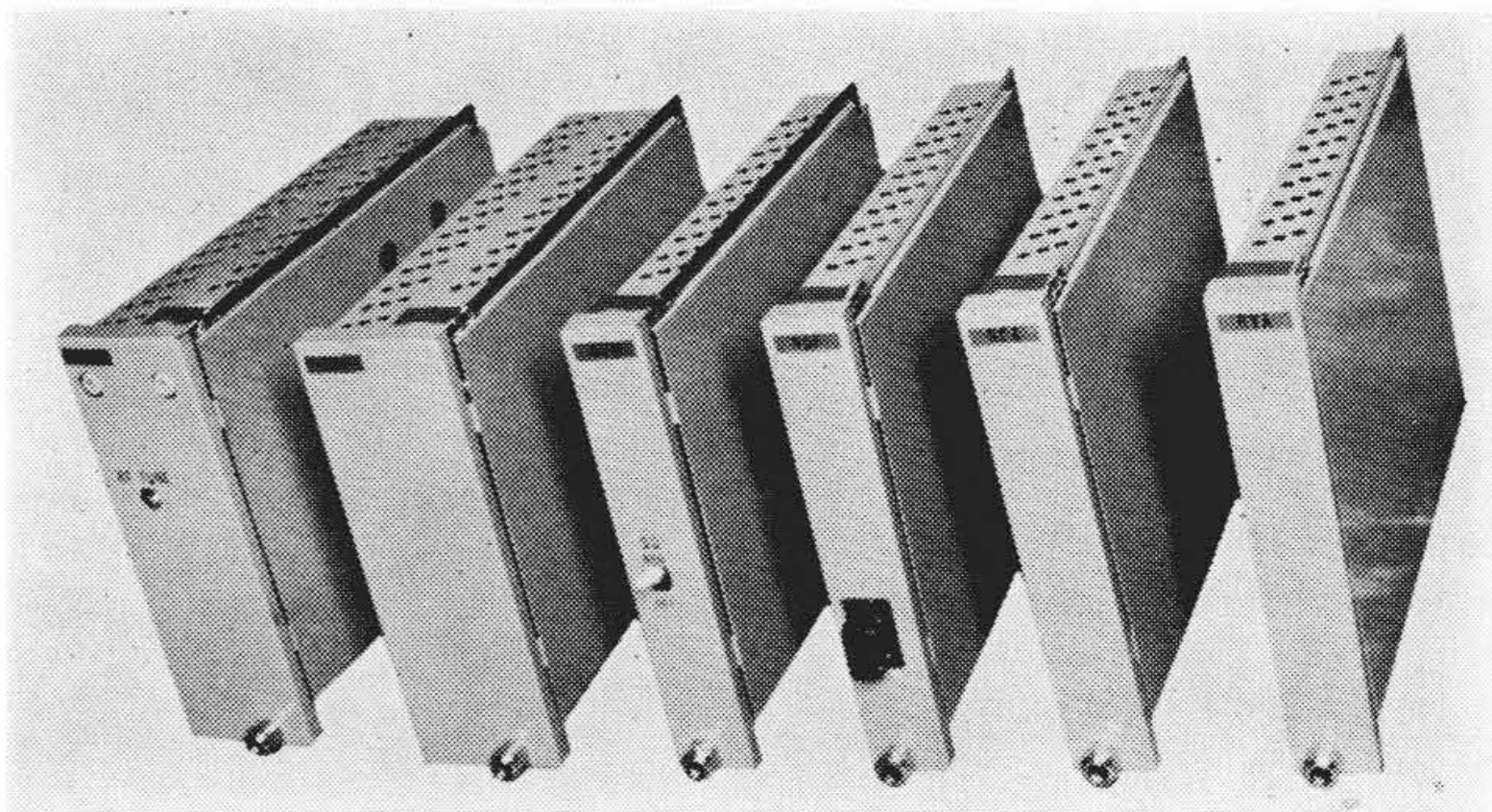
周波数通倍数は 72 通倍方式を採用し、この部分では単同調と複同調の適宜な組合せにより、スプリアス放射の軽減を図った。変調回路には十分実績のある変調直線性、微分特性のすぐれたブリッジ回路を採用した。変調回路に対する温度特性の考慮は（従来は恒温槽使用）シリコンダイオードと正特性サーミスタの組合せ補償により電氣的性能を満足し、あわせて消費電力の低減、装置の小形化に寄与している。この変調通倍部は水晶発振出力を位相変調したあと、トランジスタにより 12 通倍を行ない、70 Mc 帯、約 1 W の出力を得て次段を励振している。

3.1.2 電力通倍部 (PA MULT)

変調通倍部から約 1 W の励振電力を得て、高周波高出力トランジスタ 2 SC 315 並列接続で 70 Mc 帯約 15 W の出力を得たあと、



第 7 図 5 W 送信出力温度特性



第 8 図 受信部

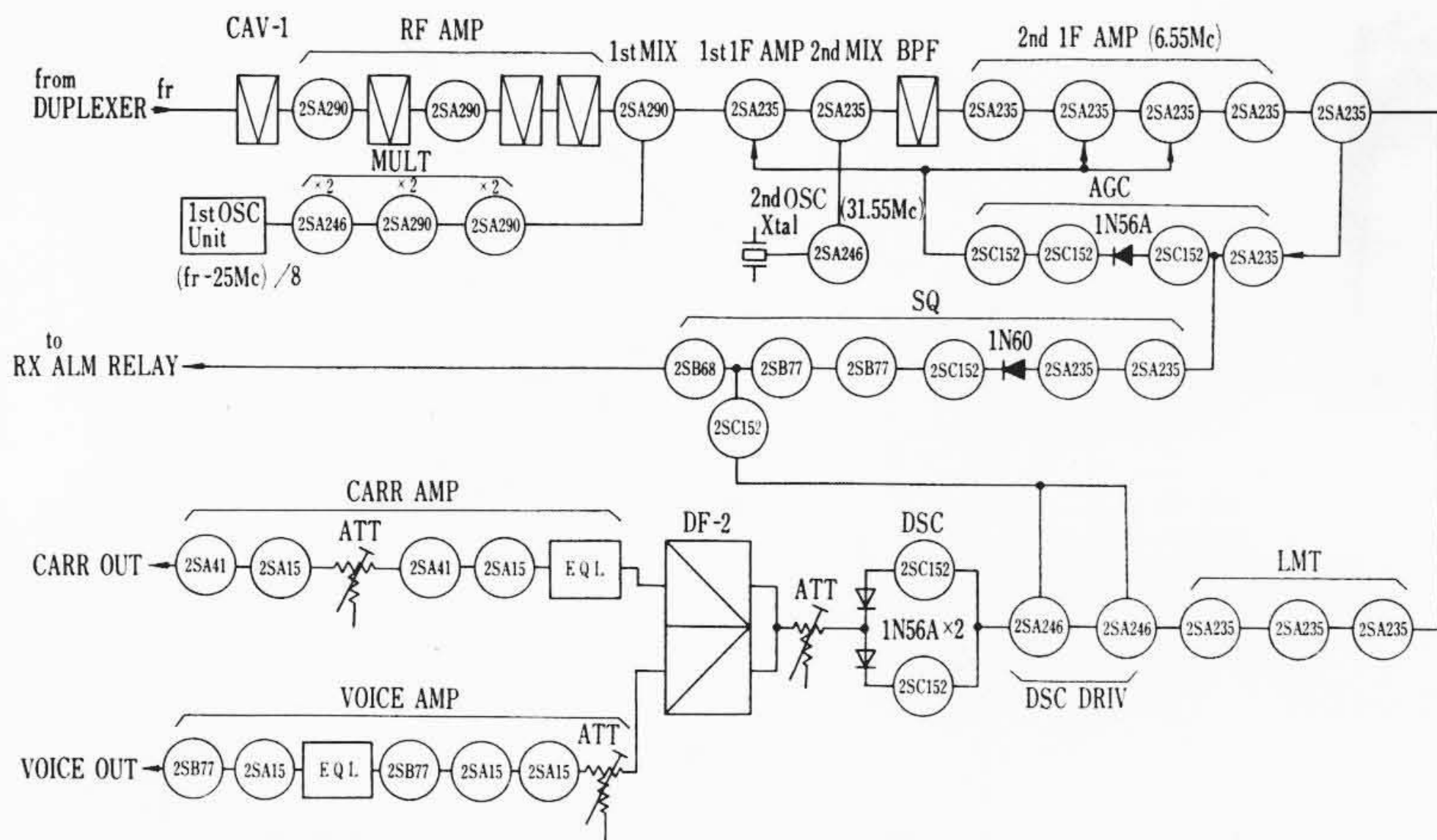
可変容量ダイオード使用の 2 通倍器と 3 通倍器のカスケード接続により、400 Mc 帯 5 W の出力を得ている。このレベルダイヤグラムの一例を第 5 図に示す。一般に可変容量ダイオードを用いた通倍器については、ことさらにいうまでもなくヒステリシス現象、入出力インピーダンスの変化による安定度に問題がある。しかし、回路方式、実装方式の十分な検討により、負荷インピーダンスの大幅な変化に対しても十分な安定度を実現することができた。この特性の一例を第 6 図に示す。このことは、次段のインピーダンスの変化およびアンテナを直接接続した場合の定在波比の変化に対して送信出力の不安定、半導体素子の破壊をきたさず十分安定であることを証明している。さらに温度特性については、シリコン半導体素子を使用することにより大幅に向上し、特に、熱損失の大きい部分については冷却フィンを直接取り付けることによりまた煙突効果などを利用した結果、接合部温度を低く保った。この 5 W 送信部の温度特性の一例を第 7 図に示す。

3.1.3 電力増幅部 (PA ADP)

5 W 送信電力を 20 W に増幅するもので 2 C 39 A 用キャビティ、冷却用送風機、制御部供給用信号装置を備えている。今まで送風機系統の障害検知用にバイメタルを応用したフローリレーを使用していたが、このフローリレー自体による障害の起こる欠点があり、今回これに代わるものとして感熱素子をキャビティ高温部に組み込み、この誤動作を一挙に解決した。万一、この 20 W 増幅部が故障した場合には、5 W 送信部から直接空中線に接続することにより回線を維持できるのも本装置の特色となっている。

3.2 受信部

受信部は第 8 図の外観写真、第 9 図の受信系統図で示され、第 2



第9図 受信部系線図

表に示すように機能別にわけられた6シートにより構成される。各シートは自局送信機からの回りこみなどがないようにシールド、アース方法の検討がなされ、配置されている。第1中間周波数以降はすべてプリント化され、保守、点検が容易となり、回路的には半導体素子および部品を極力低負荷率で使用することにより信頼度の向上につとめた。

回路は、さきに開発されたTR-6形400Mc帯多重装置⁽¹⁾および400Mc帯移動無線装置⁽⁴⁾の技術を十分に駆使し、設計したものである。特に高周波部の選択回路には小形三重同軸共振器⁽⁵⁾と集中定数によるπ型回路を使用することにより、小形化を行ない、イメージ周波数などのスプリアスレスポンスによる妨害を除去している。なお隣接周波数による干渉妨害に対しては低遅延、高選択度の濾波器をそう入することにより低減を図った。また、スケルチ回路はAGC増幅器の途中より中間周波数6.55Mcを取り出し、これによりディスクドライバのトランジスタ電源を遮断する方式が採用され、雑音消去の高速化が図られた。一方、低周波増幅部に含まれるデ・エンファシス回路はコンデンサ、抵抗による積分回路と帰還増幅回路の周波数特性とが利用されたもので、著しく簡易化、小形化されている。第10図はその周波数特性例を、第11図は送受総合周波数特性を示したものである。

3.3 空中線共用装置

本装置は400Mc帯送受信装置において、空中線1本を送受共用するための空中線共用装置で、送信側には可変容量ダイオード使用の通倍器を使用しているためスプリアス放射には十分考慮しなければならないので、バンドパスフィルタを使用した。受信側には送信機よりの漏えいを防ぐため減衰量の大きくとれるノッチ形フィルタ

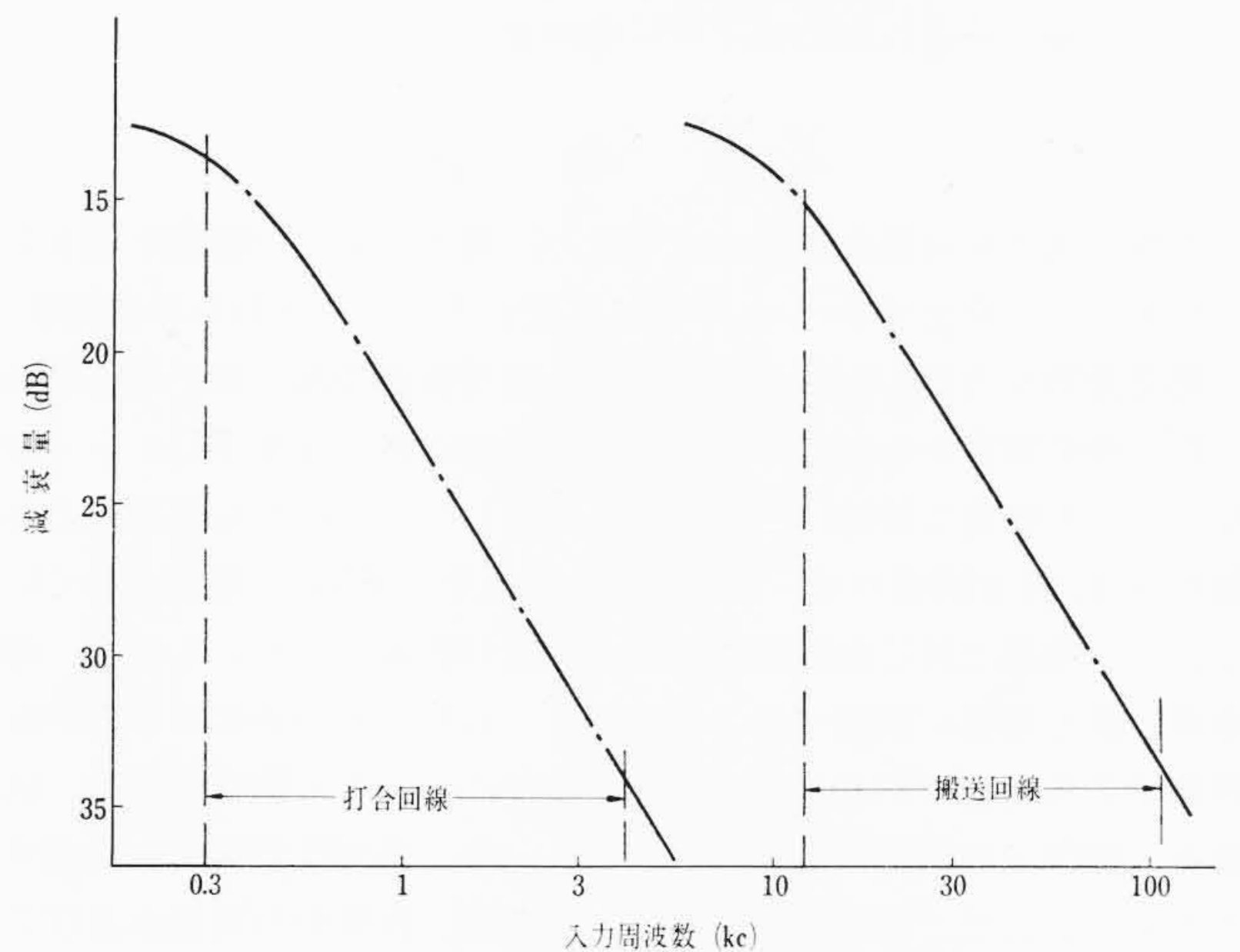
を使用した。なおバンドパスフィルタの段間の結合方式は直結ジャイレータ回路で形成し、特性を著しく改善している。第12図はその外観である。

3.4 電源部

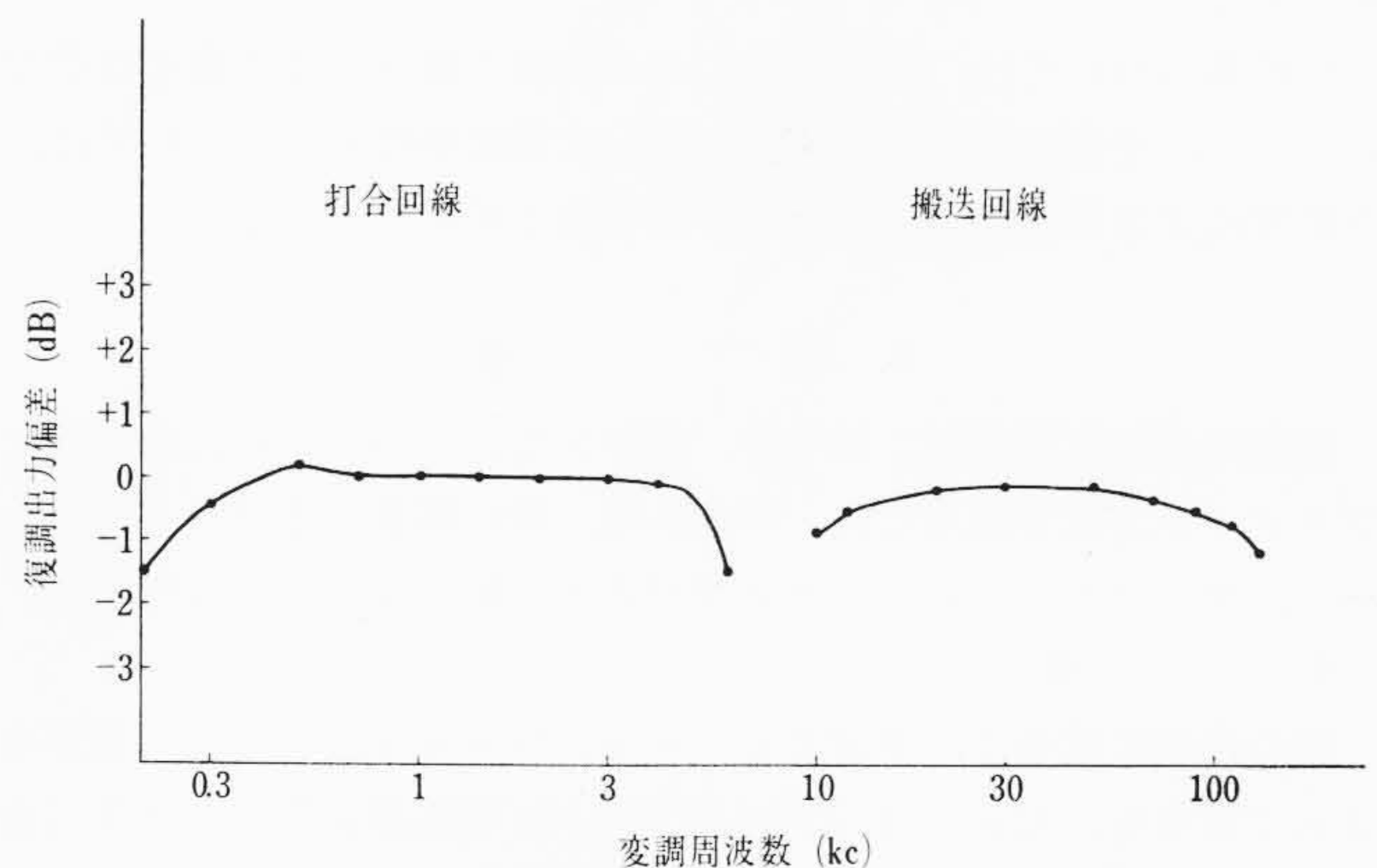
電源部は5W電源部と20W電源部からなり、入力過電圧DC24V+30%まで耐えられるよう、電源アダプタを設けた。また、瞬時停電に対しては即時復旧するよう考慮するとともに、主電源投入スイッチには異常過電流により自動遮断する遮断器を兼用し、装置の保護に万全を期した。電源部の外観は第13図に示すとおりである。

3.4.1 5W電源部 (5W SOURCE)

DC-DCコンバータを使用した電源を多重回線用として使用する場合、特に、コンバータの発振周波数をどこに選ぶかが問題となる。本電源部では発振周波数を打合回線周波数と搬送回線周波数



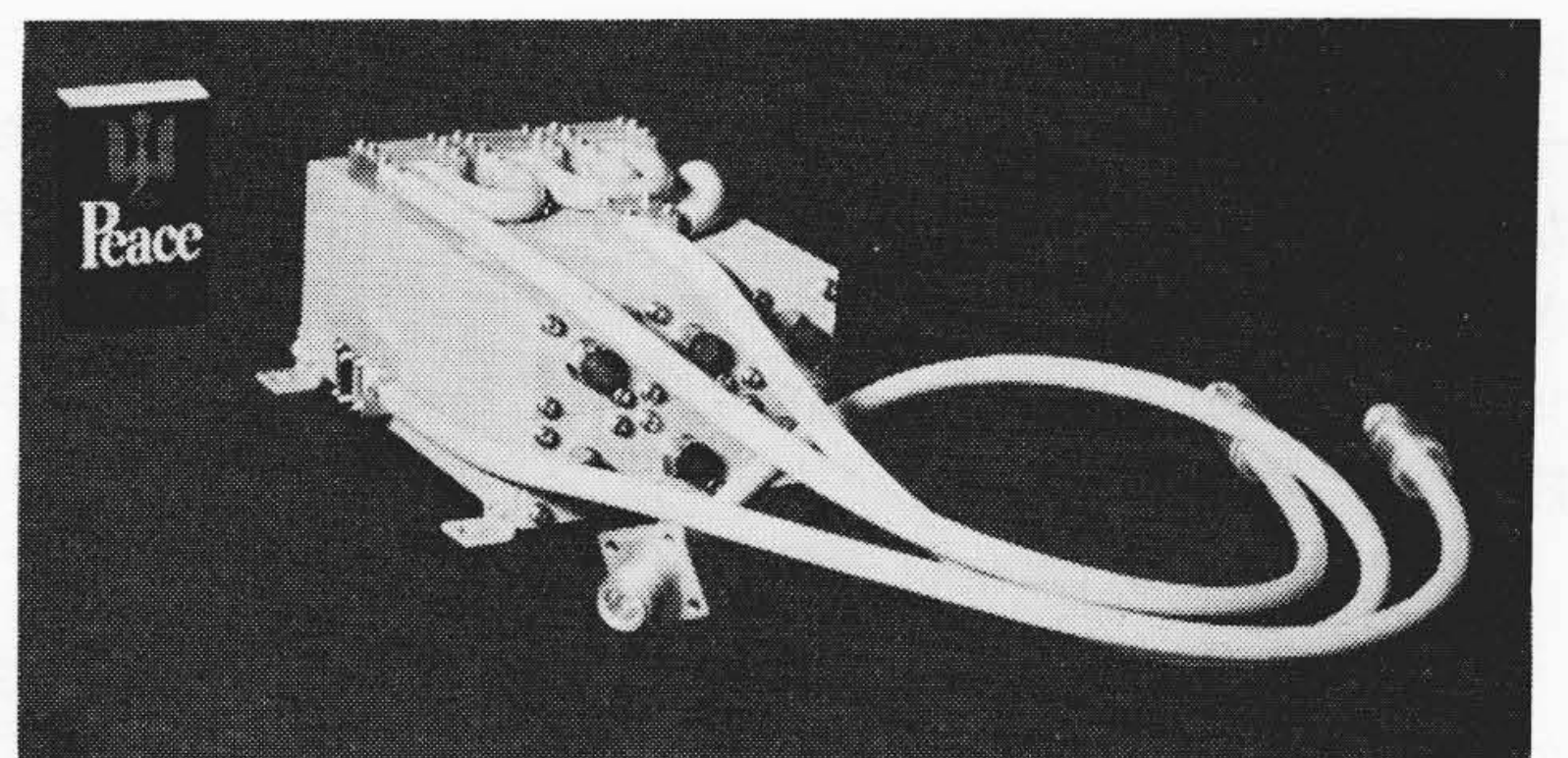
第10図 デ・エンファシス回路周波数特性



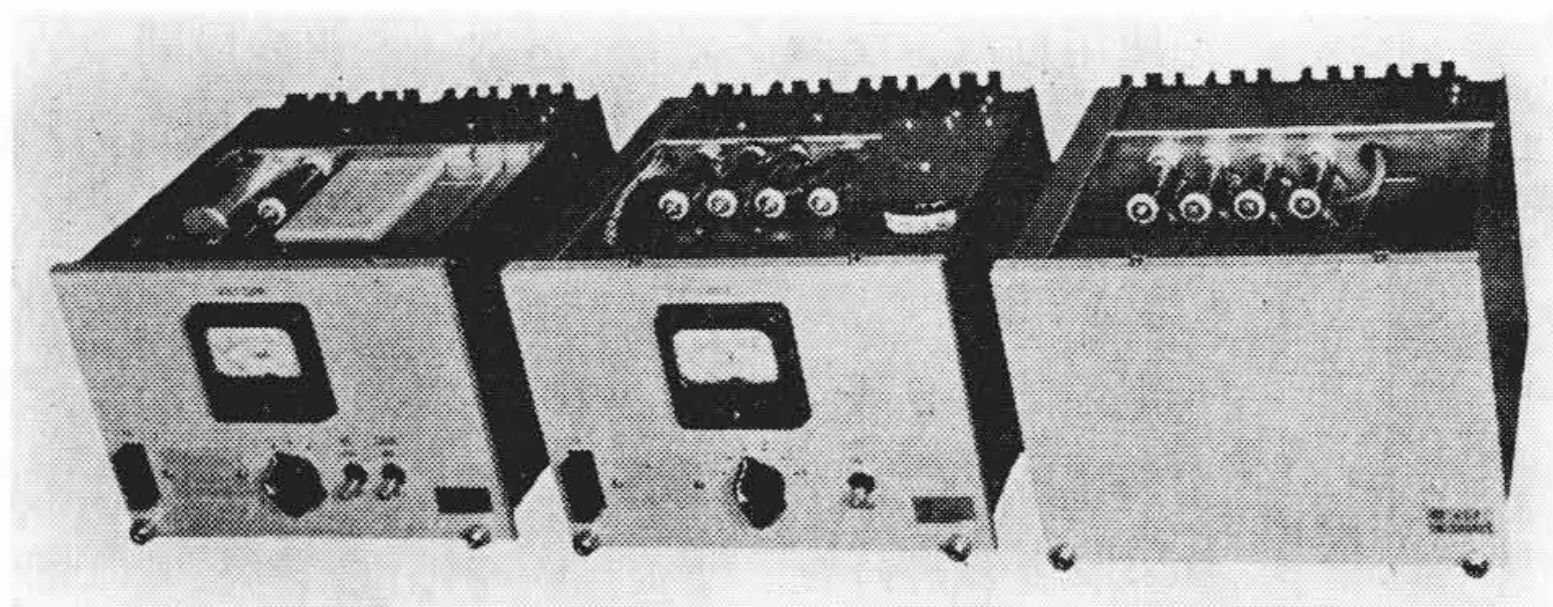
第11図 送受総合周波数特性

第2表 受信部シート別機能表

シート名	機能
RFA (高周波部)	受信キャビティから高周波増幅、第1混合、第1中間周波増幅、第2混合までの各回路を組み込み、第2中間周波6.55Mcを得ている。
IFA (中間周波部)	6.55Mcの中間周波帯域濾波で周波数選択特性をもたせた後第2中間周波増幅回路で増幅している。
DEM (復調部)	リミッタ、ディスクリミネータ、AGC、スケルチの各回路からなりそれぞれ独立したプリント板となっている。
RDF (分波器部)	復調波を搬送回線と打合回線とに分ける分波器である。
RCA (搬送回線部)	搬送回線をデエンファシス回路を介して増幅している。
RVA (打合回線部)	打合回線をデエンファシス回路を介して増幅している。



第12図 空中線共用装置



第13図 電源部

の間の約5kcに選り、能率、部品の小形化およびリップルに対処した。ついで定電圧回路をDC-DCコンバータの入力側にそう入し一括定電圧化しているため、負荷側はほとんど変化がないばかりか、リップルが電源ラインに乗るのを軽減している。

3.4.2 20W電源部 (20W SOURCE)

20W電源部は2C39A冷却用送風機を備えているため、コンバータの発振周波数は約0.4kcに選んである。高圧回路の接断に対しては、接点の保護回路を設け、また送信管2C39Aの予熱時間1分を持たせるためのタイマーも内蔵している。

4. 制御部

本制御部は保守性を良好にするため、種々と新しい機能を取り入れたもので、今までのベル、ブザーに代わるスピーカからの警報音、自局発振器を内蔵した折返し試験器、現用装置のみで相手局送信断か自局受信障害かを判別する受信障害確認回路、小形FLリレーの採用などを慎重な設計、実験のうえ採用した。このうち可聴による警報音は、打合回線スピーカ増幅器を約0.5~0.8kcに発振させている。この特長は同じ無線室に多種な装置が設置されている場合、発振周波数を適当に調整することにより、容易にどの装置の故障かを判別できることである。制御部を系統別にわけると警報監視系、切換系、操作上の制御系に分けられる。一方、遠方監視装置を付加することによって、装置の電源投入、各障害、作業中の表示および各部主要電流の監視ができる。もちろん、各装置間の同時送受話も可能である。

切換系については、現用装置のみの実装の場合には切換えは行なわないが、予備装置を追加実装あるいは実装中のものについては、各障害による自動切換えおよび手動切換えが可能である。

5. 構造

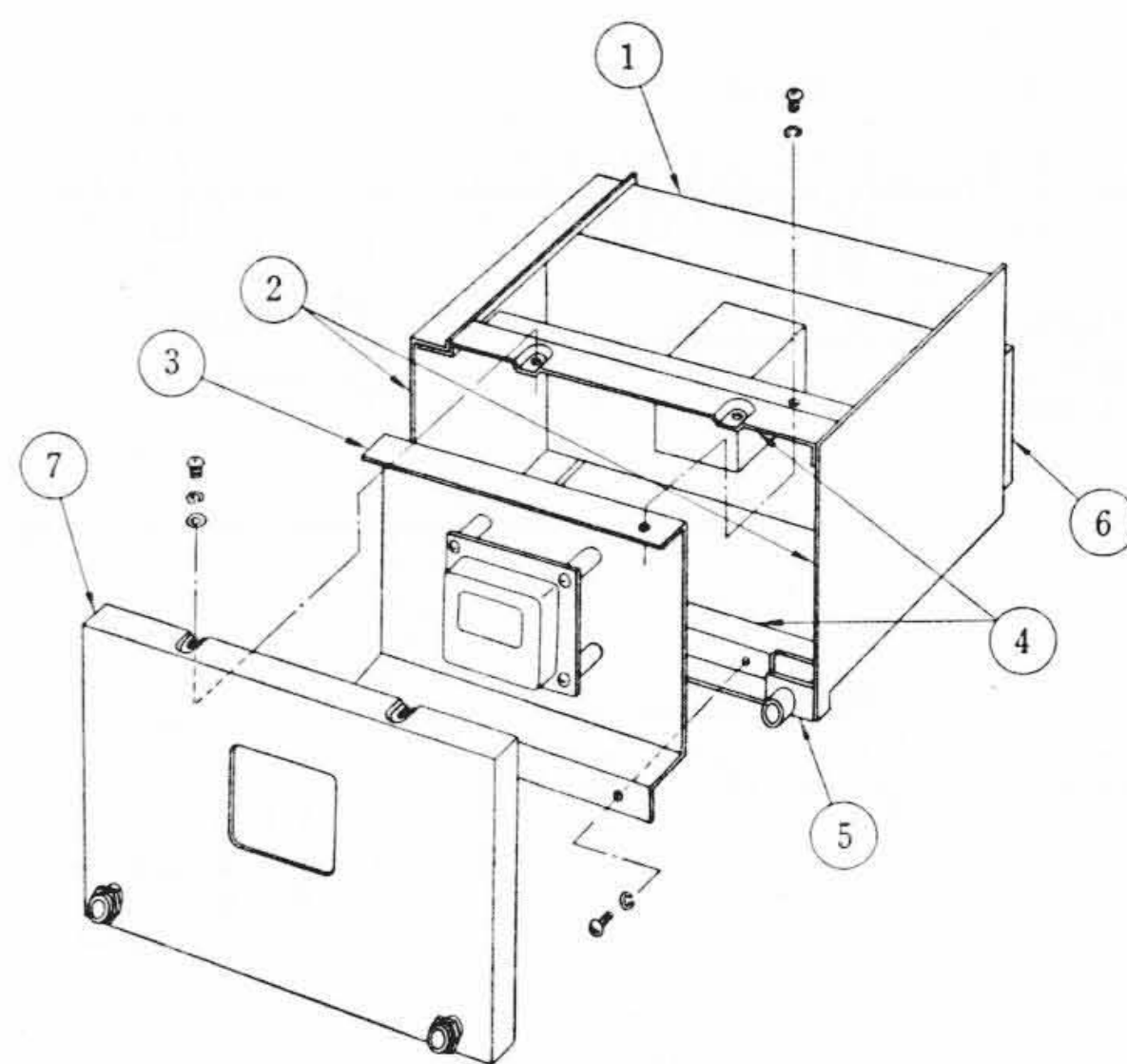
装置の構造は信頼性、保守性、標準化などにかんがみ、全面的にプラグイン方式を採用した。すなわち、架に搭載するプラグインシート、プラグインユニットおよびパネルの組合せからなっている。

5.1 架

架の内部の構造は、実装するシート、ユニット、パネルの種類によって異なる。たとえば、TR-6形400Mc帯無線装置⁽¹⁾のように全面的にプラグインパネル形式を採用した装置では、パネルが架幅いっぱいとなるので、パネルを架にそう入するための案内金具を架の側面に備えている。しかし、ユニット、シートのように横幅をある一定の単位で分割する場合には、たなを設ける必要がある。このたなは全実装幅を18等分に分割したもので、各シート、ユニットの大きさに合わせてそれを案内するレールがついている。架の高さは1ピッチを25mmとし、この整数倍に分割し、各ピッチごとにたなが設けられる構造である。

5.2 プラグインユニット、プラグインシート

今までの装置の構造は、機器実装単位がほとんど真空管式であったために大きく、一般にパネル形式を採用していた。しかし、装置の半導体化、高密度実装化にともない架の横幅に全実装するパネル



第14図 プラグインユニット構造図

形式ではスペースファクタの悪化を生じ、装置の小形化が困難となる。したがって、小形化を満足するためには、今までのパネルを分割、立体、細分化したユニット、シートが必要になってくる。

このユニットの構造は第14図に示すように箱状のシャンを基としたもので、後方には架と電氣的に接続するためのコネクタを備え、前面を化粧カバーでおおった。具体的寸法は奥行が180mm一定で、高さは $25 \times n - 1$ mmを基準単位として、 $n=4, 5, 6$ の3種類を標準としている。幅は $25.5 \times n - 0.5$ mmを基準単位として $n=4, 5, 6, 8, 9, 12, 18$ の7種類を標準とした。以上の組合せ構造寸法を標準としているが、特別な目的に応じて適宜変形して使用した。

シートの構造は⁽⁶⁾、部品取付け基板に印刷配線基板と金属板の2種類があり、これを満足する搬送標準シートを採用した。

6. 保守、調整

2.1.3 (使用信頼性についての配慮) の項で述べたとおり高信頼性に十分考慮したうえに、保守性、調整についても十分検討を加え、保守、調整に必要な部分を必要最少限にとどめた。真空管2C39A使用の20W増幅部については例外で、同調機構、エアフィルタの交換などすべて前面から可能とし、日常保守を便ならしめた。その結果、日常保守点検は非常に簡易化され、指操部の切換メータおよび各シート、ユニットのチェック端子の確認だけで十分である。これにより異常が認められた場合には直観的に、異常シート、ユニットが判明する。一方、調整は正常運転時にはなんら必要なく、故障修復時のみ、調整用治具を用いて調整する程度である。

7. 結 言

以上、固体電子化400Mc帯多重無線装置について概略を述べたが、今後の課題としては最終段まで固体電子化を図ること、都市雑音を考慮し、すぐれた高品質回線を構成しうる回路を開発することなど、高信頼性ならびにメンテナンス・フリーの向上にいっそうの努力を払っていきたい。

終わりに、本装置の実用化に対し、種々ご配慮いただいた中部電力株式会社のかたがたに厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 市川、鈴木：日立評論 46, 44 (昭 39-9)
- (2) 井上ほか6名：日立評論 44, 81 (昭 37-4)
- (3) D.R.Earles: Proceeding of 7th National (Jan. 1961) Symposium on R. Q. C.
- (4) 鈴木、奥野：日立評論 44, 51 (昭 37-7)
- (5) 鈴木、鳥谷：電気四学会連大予稿 1749 (昭 38-4)
- (6) 田中、田村、関：日立評論 47, 135 (昭 40-3)