

4号自動式及び共電式電話機

山内 康平*

No. 4 Automatic and Common Battery Telephone Set

By Kohei Yamauchi

Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This article summarizes the results of recent study on No. 4 automatic and common battery telephones, which were developed and put in the market in the postwar period and approved by the Telecommunications Department for their official procurement, in comparison with the obsolete No. 3 telephones. Some informations on several problems the Company has faced since the mass production of this new telephone was started in 1950 as well as some technical developments in engineering and production of it are given out as well.

[I] 緒言

日立製作所では終戦前から3号電話機の生産を続けて居たが、終戦直後電気通信省電気通信研究所の提唱により品質のすぐれた電話機の研究が開始されるや他の同業者日本電気、沖電気及び富士通信機等と共にこの計画に参加することとなり爾後約5年にわたり協力して試作を重ねた結果性能体裁共に飛躍的に向上した製品を得る見通しがついたので昭和25年1~3月までに他社と共同で合計1万台に及ぶ量産試作を行い、これについて電気通信省に於て6カ月の商用試験が行われた結果満足すべき成果をおさめることが出来た。ここに4号電話機が誕生したわけであるが、当所では25年度から3号電話機から4号電話機へと生産の切替えを行うと同時に、4号電話機の量産態勢を確立し量産を開始し今日に至っている。その間性能技術上の改良、治具の改善、品質管理の実施、寿命試験の実施等を行い品質の向上につとめた結果、性能が安定してしかも優秀な電話機を高効率で生産出来るようになった。ここに4号電話機の概要を主として3号電話機と比較しながら説明する。

電話機は第1図に示すように美しいモールドケースをとりつけた本体と送話器、受話器を内蔵したハンドルとがコードで接続されてできているが、本体、ハンドルに内蔵されている各部品は凡て電話機に要求される性能を

満足させるためのものである。ここで電話機の果すべき機能を分類すれば第1表のように表わされる。この目的を果すために設計された各部品はいかなる性能を持つべきかを考えるに、

1. 時間の経過、外界の条件、温度湿度の悪影響に対しても性能が劣化しないこと。
2. 各部品を構成する箇所は互換性のあること。
3. 家庭又は事務室で使用するため家具と同じ場所において調和を損わぬよう体裁のすぐれていること。
4. 持運びがし易く移動により破損されないこと。
5. 部品が破損したときに部品のみを取り替えることができるよう、即ちユニット型であること等である。

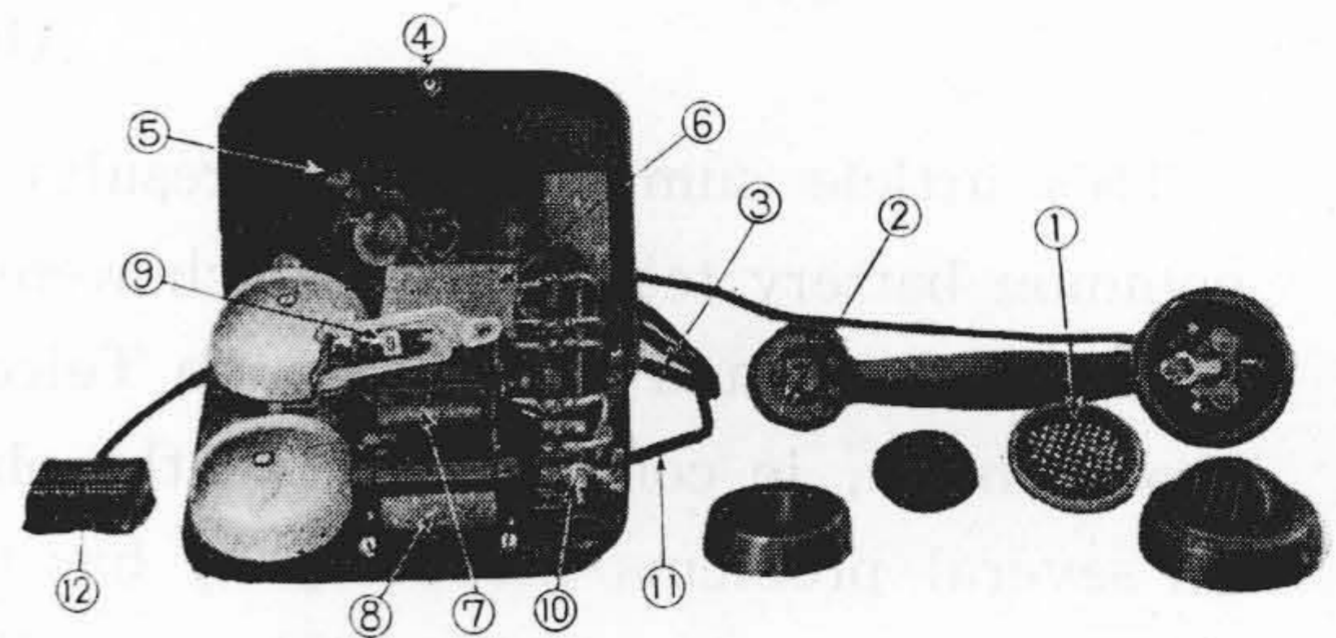
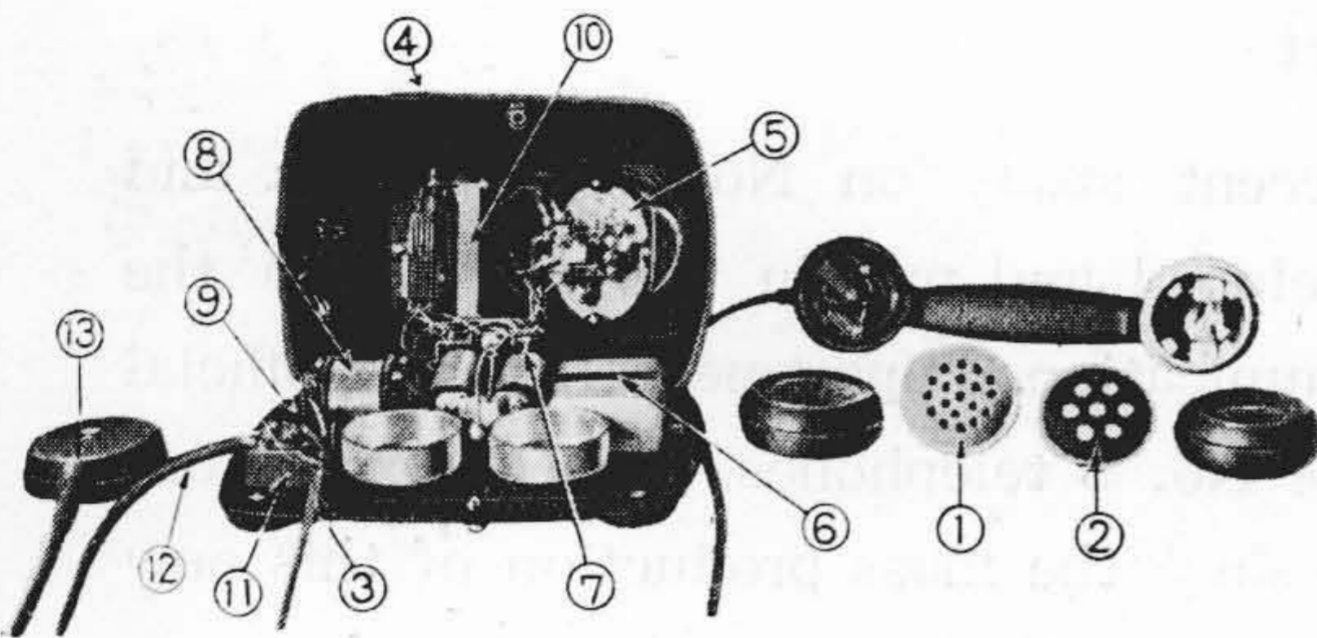
4号電話機は3号電話機を基とし上記各性能に関し十分な検討を行つて改良されたものであるが、特に通話時の所謂「電話声」の解消に就て多大な努力が払われた。尚送話器、受話器については当社ではその量産上の歩溜りを向上するために検討を行い成果をおさめているが、その詳細については別稿にて発表の予定であるので今回はその概要を説明するに止めた。

[II] 信号発振装置

ダイヤル

ダイヤルは文字盤を所要の数字まで廻して放転させればその数字だけ接点を開閉してインパルスを送出し、その間は送話器、受話器に並列に入つた短絡接点を短絡し

* 日立製作所戸塚工場



- ① T-4 送話器
- ② R-4 受話器
- ③ 送受器コード
- ④ ケース
- ⑤ 4-Dダイヤル
- ⑥ C-4 コンデンサー
- ⑦ B-105 磁石電鈴
- ⑧ L-4 誘導線輪
- ⑨ 100Ω 抵抗器
- ⑩ フックスイッチ
- ⑪ 内線端子板
- ⑫ 本体コード
- ⑬ ローゼット

- ① 1-A 送話器
- ② 3 號形受話器
- ③ 送受器コード
- ④ ケース
- ⑤ 2-B ダイヤル
- ⑥ 1-A コンデンサー
- ⑦ 104-C 磁石電鈴
- ⑧ 1-A 誘導線輪
- ⑨ フックスイッチ
- ⑩ 内線端子板
- ⑪ 本体コード
- ⑫ ローゼット

第1図 4号自動式電話機(A)及び3号自動式電話機(B)の外観及び内部

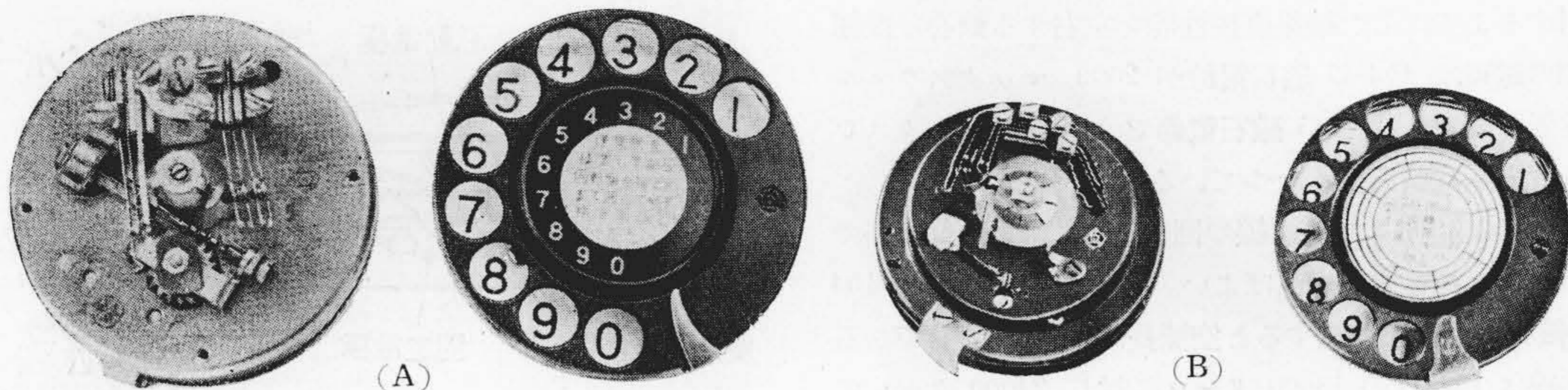
Fig. 1. External and Internal View of No. 4-A (A) and No. 3-A (B) Automatic Telephone Set

第1表 電話機を構成する部品の説明

Table 1. Explanation of Parts of Telephone Sets

装置	内容	目的
信号発信装置	ダイヤル 100Ω 抵抗 0.9μF コンデンサー フックスイッチ	自動交換機を経由して先方に信号を送出する Aリレーの復旧時間を適正にし、且信号送出の時の火花を消去する 手動交換機接続の場合、フックスイッチをメークさせて直流を流し交換台を動作させる
信号受信装置	磁石電鈴	線路からの信号電流により鳴音を発生させる
通話装置	0.9 コンデンサー 送話器 受話器	線路からの入力信号電流を大とすると同時に直流を阻止する 音声を変換する 電流を音声に変換する
附属装置	誘導線輪	線路に送出及び線路から到来する、通話電流を大ならしめる、且つ側音電流を小ならしめる
	1.8μF コンデンサー	直流が受話器に流れるのを阻止する
	フックスイッチ	回路を上記目的に選択使用する
	内部端子板 ローゼット	内部布線とコードとの接続を便にする コードと外線との接続を便にする
	ダイヤル塞板	共電式電話機として使用のときダイヤルの代りに取付ける
	その他	コード、束線、ケース、底板、ハンドル

てインパルスがこれらに入らぬようにすると同時にインパルスを能率よく線路に送出している。今回の4-Dダイヤルは2-Bダイヤルに用いられているフリクションクラッチ機構の代りにラチェット機構を用い、又防塵用としてダストカバーを設けるなど構造上の改善を施したものである。ダイヤルの性能上の重要点はインパルス速度(1秒間の発生インパルス数)及びメーク率(接続時間/接続時間+切断時間)が確実で偏差の少ないこと、並びにミニマムポーズ(一連のインパルスと次の一連のインパルスとの休止時間)が或値以上でなければならないことの三点であり、このためには温度湿度の激変、及び長時間使用後でも速度が安定している必要があるほか、回転中の騒音が少くスティックのないものでなければならない。ここにスティックとは放転中に摩擦のため途中で停止する現象をいう。これらは4-Dダイヤルの誕生以来最も苦心してきたところで日立製作所では量産開始後もこの問題につき鋭意努力した結果略その原因を解明し得て量産上の不安を一掃することが出来た。即ち速度の安定化については使用潤滑油に着目して研究した結果、温度の急変により潤滑油の粘性が増し回転摩擦力の増加が速度低下となつて表われること、又長時間放置した場合



第2図 4-Dダイヤル(A)と2-Bダイヤル(B)の外観図
Fig. 2. View of "4-D" (A) and "2-B" (B) Dial

は温度の変化がなくとも油が蒸発して粘性が増し速度が低下すること、更に低温に於ては油の凝固による悪影響があること等が確かめられたのでこれらの条件を満足する油を使用したところ所期の効果を得ることに成功した。騒音については、各歯車嚙合部から出る比較的高い周波数の音と、ガバナーの部分から発生する0.6kc~2.5kcの音とからなることが判つた。このうち歯車嚙合部の音は周波数が高いため耳ざわりとなることが少いので、主としてガバナーから発生する音につき調査した結果、ガバナーカップの内面にフリクションピースが連続的接触を行うためではなくて間けつ的な飛躍運動を行うのに起因することが判つたのでガバナーバネに特殊の加工を施した結果殆んど耳ざわりな騒音を解消することができた。第2図は2-Bダイヤルと4-Dダイヤルの構造を比較したものである。

火花消去回路

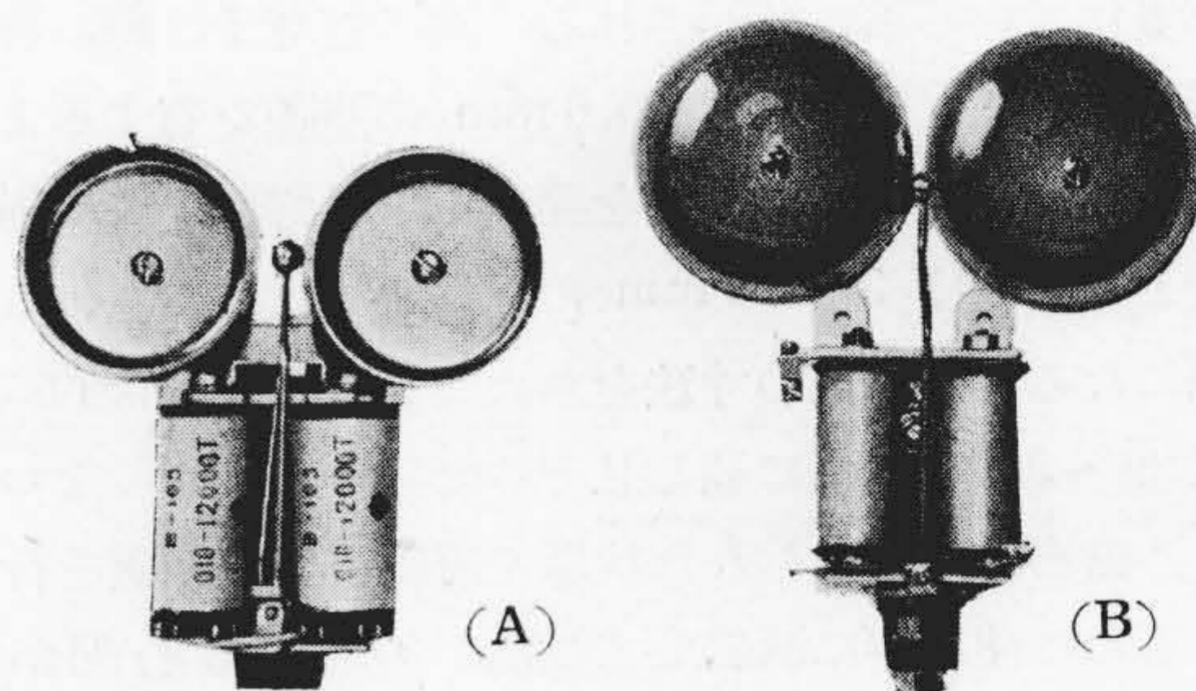
ダイヤルのインパルスにより、直流を断続するための過渡的尖頭電圧が生じ電話機内部ではダイヤルの短絡接点によつて送話器、受話器及び誘導線輪を短絡するようになっているが、線路のインピーダンスが誘導性である時にこの現象は特に著しく、最悪の場合数百Vのインパルス電圧を発生する。100Ω抵抗と0.9μFとの直列素子を、インパルス接点に並列に挿入したのはこの消去のためである。このほかに自動交換機の継電器動作が加入者線の長さによつて変化することが少なく動作が確実となる利点を有している。

〔Ⅲ〕信号受信装置

磁石電鈴

第3図はB-105磁石電鈴を104-C磁石電鈴と比較したものである。B-105号磁石電鈴は次の如き諸点を改善してある。

1. 音量を大としたこと。
2. 鈴を電鈴と一緒にしてユニット型とし調整を取り易くしたこと。
3. 空隙長は無調整で組立て量産的設計としたこと。



第3図 B-105磁石電鈴(A)と104-C磁石電鈴(B)の外観図
Fig. 3. View of "B-105" (A) and "104-C" Ringer (B)

4. コイルを直巻とせずボビン巻とし且つこわれた時の取換が出来る様にしたこと。
5. アマチュアの叩音がはいつて鳴音を濁す等がないように考慮したこと。
6. 共同加入のためのバイアススプリングを特に取付けることなく、調整をとり易くしたこと。

以上の改善を行うにあたり2はフレームの脚を伸して鈴をとりつけることにし5は電鈴取付板を用いて電鈴そのものをゴムにより底板からうかせて低周波音を吸収させて除いている。3の調整についてはアマチュアにバイアススプリングを溶接しておいてその先端を一つの溝にいれ空隙長を無調整としてバランス調整だけをとるようにして調整を簡単にしてあり6の共同加入の場合にはバイアススプリングの先端を他の溝にいれ替ればよい。1の音量については104-C磁石電鈴の音が70~75ホンであることが測定の結果判つたので、それより10ホン高いものを試作し電通省に於て試用されたところ好評を得たので、80~85ホンになるように設計されてある。今音量につき考えてみるに先ず同一入力電流に対して機械的出力は ϕ_{AC} (16A電流による磁束) $\times \phi_{DC}$ (永久磁石の磁束)に比例し、機械的出力を大とするには ϕ_{DC} 、 ϕ_{AC} を両方とも大とすればよい。

a. ϕ_{DC} に関しては104-C号電鈴と同様のW-Cr鋼を使用してU字形のようにして、反磁場の少いところで

使用するようにした結果直接性能を左右する鉄心一接極子間の磁束は 104-C 磁石電鈴が 2000 マックスウェルであるのに対し B-105 磁石電鈴では 3000 マックスウェルとなり 5 割方多くなっている。

b. ϕ_{AC} に関しては巻線の回数を多くし、磁気回路のリラクタンスを少なくすればよい。B-105 磁石電鈴と 104-C 磁石電鈴とを比較すると空隙長は 0.8 で同じであるが巻線は 104-C の 18000 ターンに対し 24000 ターンであり鉄心は直径 6.4 mm に対し 9.5 mm となつている。

以上により機械的出力は単位入力電流当り B-105 の方が優れている事が証明される。次に打球子は鈴に静かに接近させたときに 0.2~0.6 mm の空隙を有するようにすると動作時に最も快音を発する。又打球子の振幅と音量との関係は 3 ± 0.5 mm の範囲で最大であり、この振幅になるよう各部の寸法をきめてあるので総合的に音量は 80~90 ホーンに達し且そのばらつきも少なくなっている。磁石は組立てられた状態で着磁後交流減磁を行っているので使用中に減磁して性能が劣化する心配がない。鈴は音質を決定するものでその材料には錫の混入した黄銅板を使用し、厚さは 1.2 mm 及び 1.6 mm のものを一個ずつ使用している。

コンデンサー

磁石電鈴の項に述べたように B-105 磁石電鈴の方が直流磁束大なるため今一方の空隙が 0 となつたときそれを反転させるためには 104-C よりも強い力即ち強い交流アンペアターンを必要とする。使用中は 45 V の定電圧電源に接続されているから電流を大とするためにはコイルの L と直列に挿入した C の値によりその共振の所で最大となるわけで C を変え乍ら感動電流を測定した結果 $1 \mu\text{F}$ あればよいことに決定された。

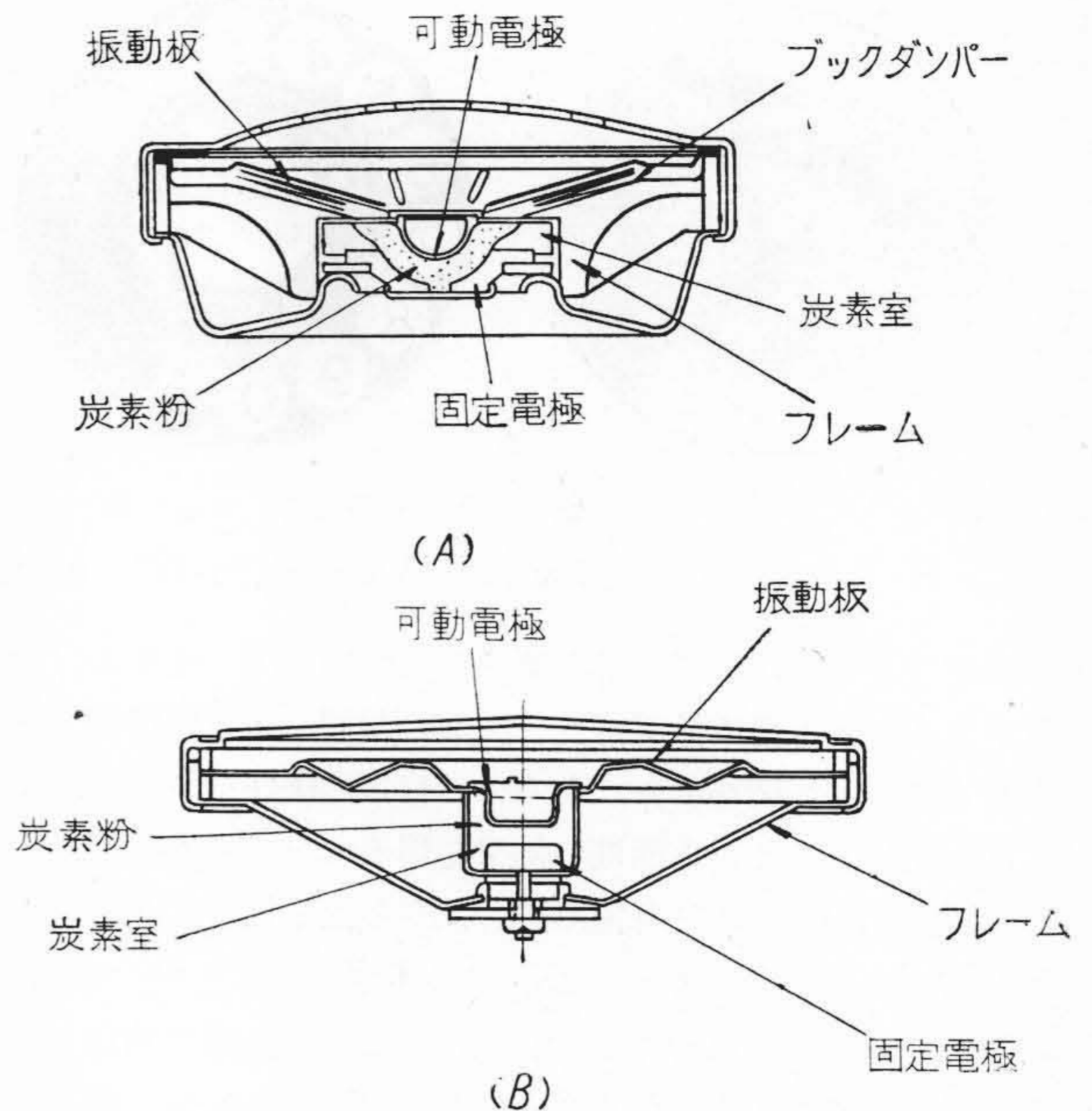
[IV] 通 話 装 置

送 話 器

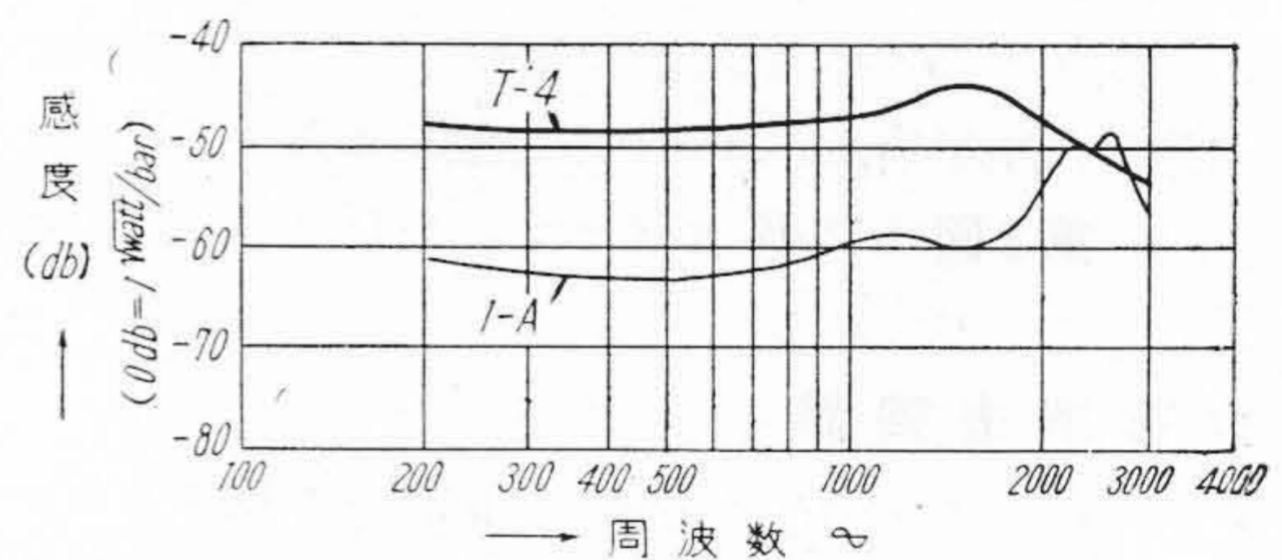
第 4 図、第 5 図は T-4 送話器(4 号電話機用)を 1-A 送話器(3 号電話機用)と比較したものである。1-A 送話器は感度は決して悪くはないが周波数特性が図示のように 300 \sim 乃至 2,500 \sim で偏差は 20 db もあり、且性能が不安定であつて周波数特性を測定しても測定毎に変動し再現性に乏しい。その上使用中に炭素粉の劣化により抵抗が上昇し感度が下り雑音が発生することがある電気通信省の調査によれば障害率は 50% にも達することもある⁽¹⁾。

T-4 送話器の設計上の着眼点は次の通りである。

1. 送話器の抵抗を小とし、その雑音発生を少なくすると同時に使用中抵抗の増大する割合を少なくする等、炭素粉独自の品質に関する仕様を決定してその品質を向上さ



第 4 図 T-4 送話器 (A) と 1-A 送話器 (B) の断面図
Fig. 4. Cross Section of "T-4" (A) and "1-A" (B) Microphone



第 5 図 T-4 送話器と 1-A 送話器の特性
Fig. 5. Frequency Response of "T-4" and "1-A" Microphone

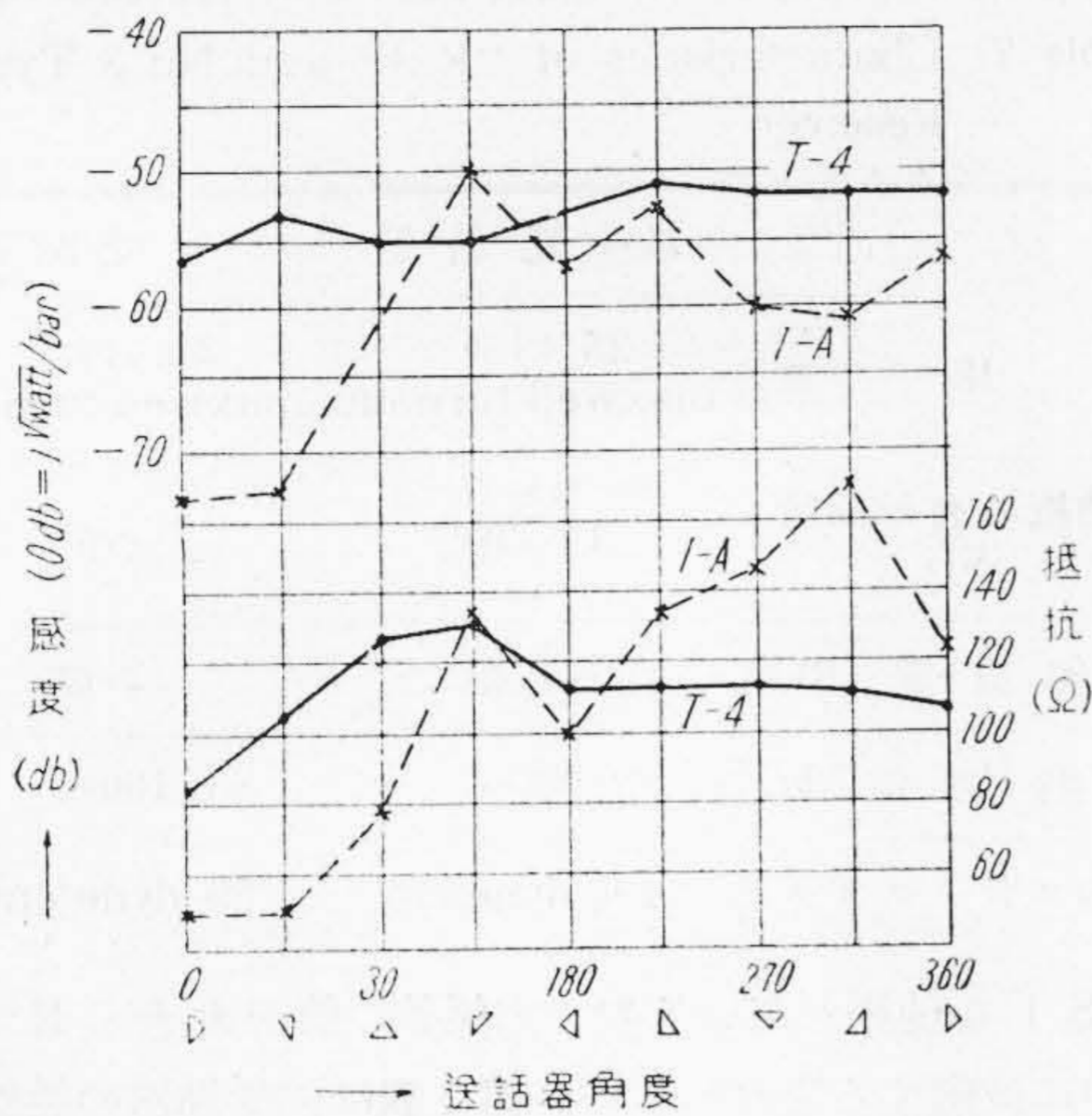
せること。

2. 炭素粉を炭素室に殆んど一杯に充填すること。これによつて安定度及び方向性をよくする。

3. 振動板とフレームとの間にブックダンパーを挿入して共振峰をおさえる。これによつて周波数特性をよくする。

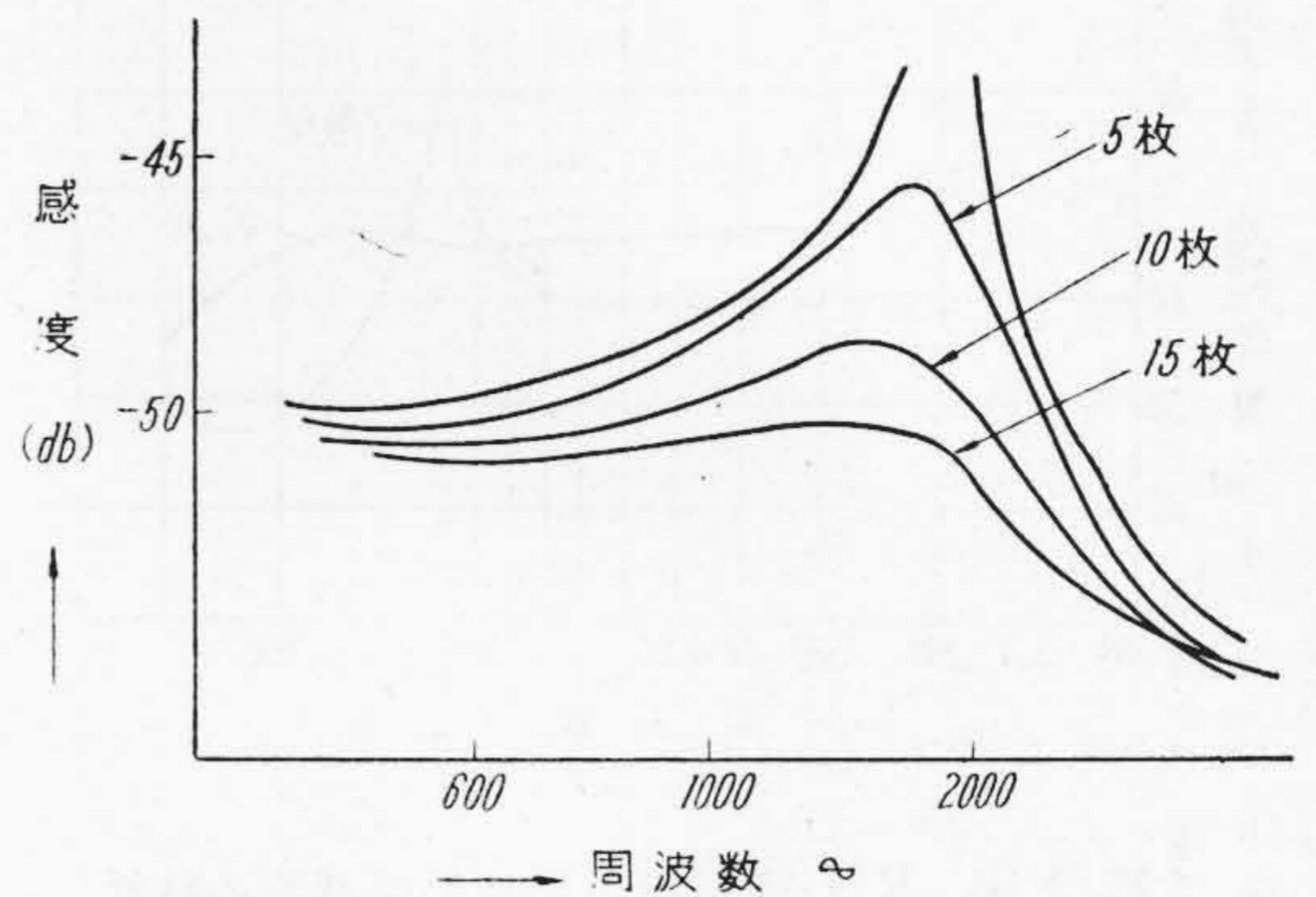
4. 両電極を同心形とする。これによつて方向性をよくする。以下各項目につき説明を加える。

電極の構造は第 4 図に示すように同心球形であつて送話器を上下左右にした場合の特性の変化は平行電極型の 1-A 送話器に比しはるかに少く且炭素粉が 1-A 送話器に比し充填率が大きいと粉が一方に偏つてしまふことがない。1-A 送話器では炭素粉量が少いときに或方向に電氣的に開放となり直流がきれて交換機回路に支障を与えるが T-4 送話器ではこのような心配は皆無である。第 6 図は方向性を両者について比較したものである⁽²⁾。



第6図 T-4送話器と1-A送話器の方向特性
Fig. 6. Positional Characteristics of "T-4" and "1-A" Microphone

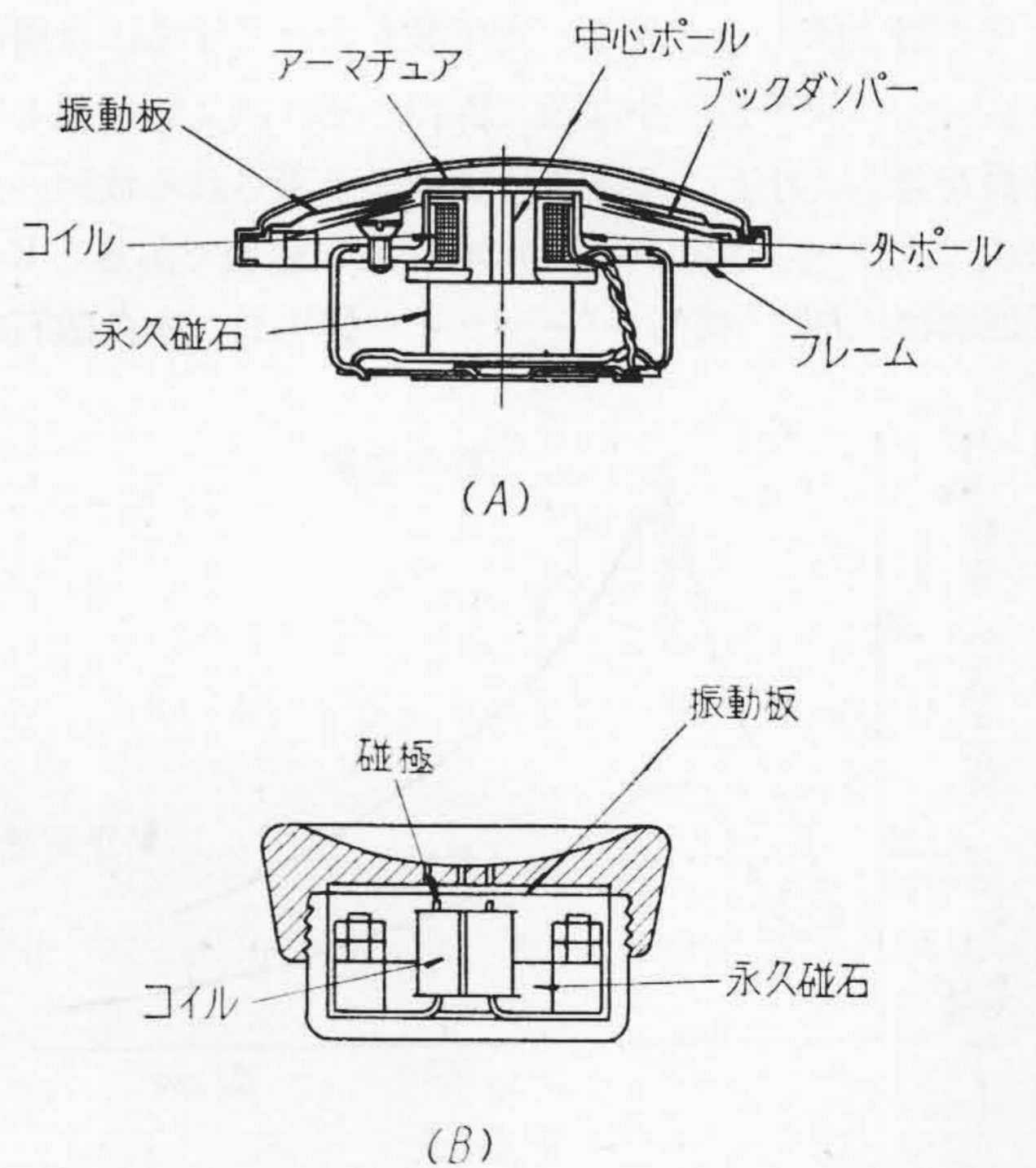
送話器は電気音響学的取扱に於て電気回路に等価して考えられるが、T-4送話器は単一直列共振回路からなっている。従つて300乃至2,500 ω で周波数特性を平坦にするためには共振周波数を略1,800 ω に置きその共振峯を抑制すればよい。振動板は厚さ0.06mm~0.07mmのデュラルミン板でコーン形をなしコーンの傾斜部に放射状ひだを設けてスティフネスを強め全体が同位相で振動するようにしてある。ブックダンパーは共振峯を抑えるためのもので厚さ0.01mmの蓄電器紙を10~16枚重ねてあり、振動板の振動毎に流れる空気流がこのブックダンパーを通過するとき、その空気制動により抵抗を与えるもので実際には枚数により制動効果が変わること第7図の通りであつて14~16枚挿入することにより周波数偏差は5~6dbにおさまる。最後に炭素粉であるが、従来の1-A送話器に於いては炭素粉の性能を直接製品に組込んで判定していたため粉独自の性能の決定を困難にしていたが、T-4送話器では炭素粉はそれ自体として仕様が定まりその性能を判定することが可能である。炭素粉としての静止抵抗及びヴァイプロメーターによる感度と、それを充填したときの送話器の動抵抗及び感度との間には関連があるので、使用炭素粉の性能から送話器の特性を決める事が出来るようになった。但し炭素粉を充填する作業が安定していることが必要で実際にはマシンフィーリングと称し送話器を振動させながら充填するのがよいとされている。当工場では特に充填量と各性能との関係につき実験を行つた結果充填しながら一定の抵抗になつたとき充填を中止する方法を採用している。これによれば組立が容易で量産的であり品質も均一になし得る。この装置は特許出願中である。



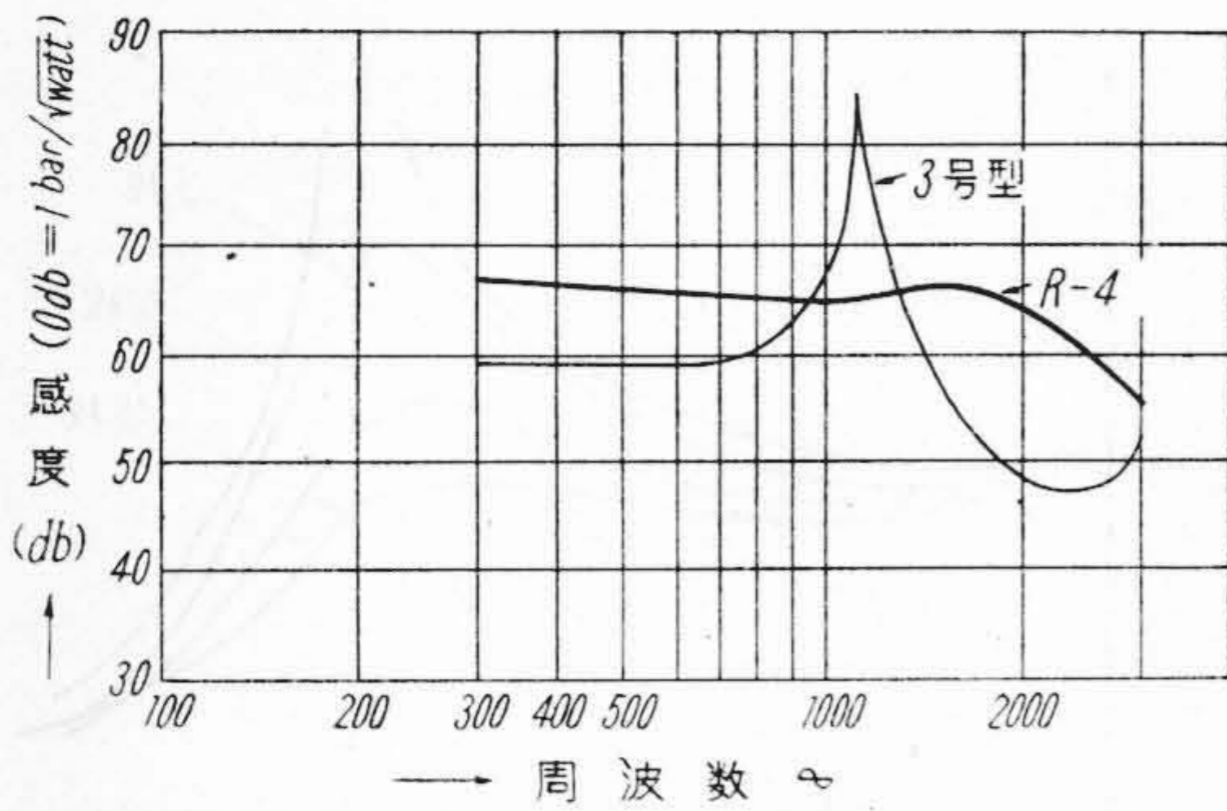
第7図 T-4送話器に於けるブックダンパーの効果
Fig. 7. Damping Effect of Book Damper in the case of "T-4" Microphone

受話器

第8図、第9図はR-4受話器(4号電話機用)を3号形受話器と比較したものである。3号形受話器は感度は悪くないが300乃至2,500 ω の感度偏差が20dbにも及び明瞭度が落ちている。又ユニット型でなく故障時の取り替えに不便であるほか振動板をモールド製イアピースでしめつけるのでゆるみが生じたりモールド部品と振動板との膨脹係数の相違により冬期に振動板が磁極に吸着される傾向がある。又磁石がその能力一ぱいの所で使用されているので使用中に減磁して感度が下ることがある。R-4受話器に於いては先ず感度偏差を300乃至

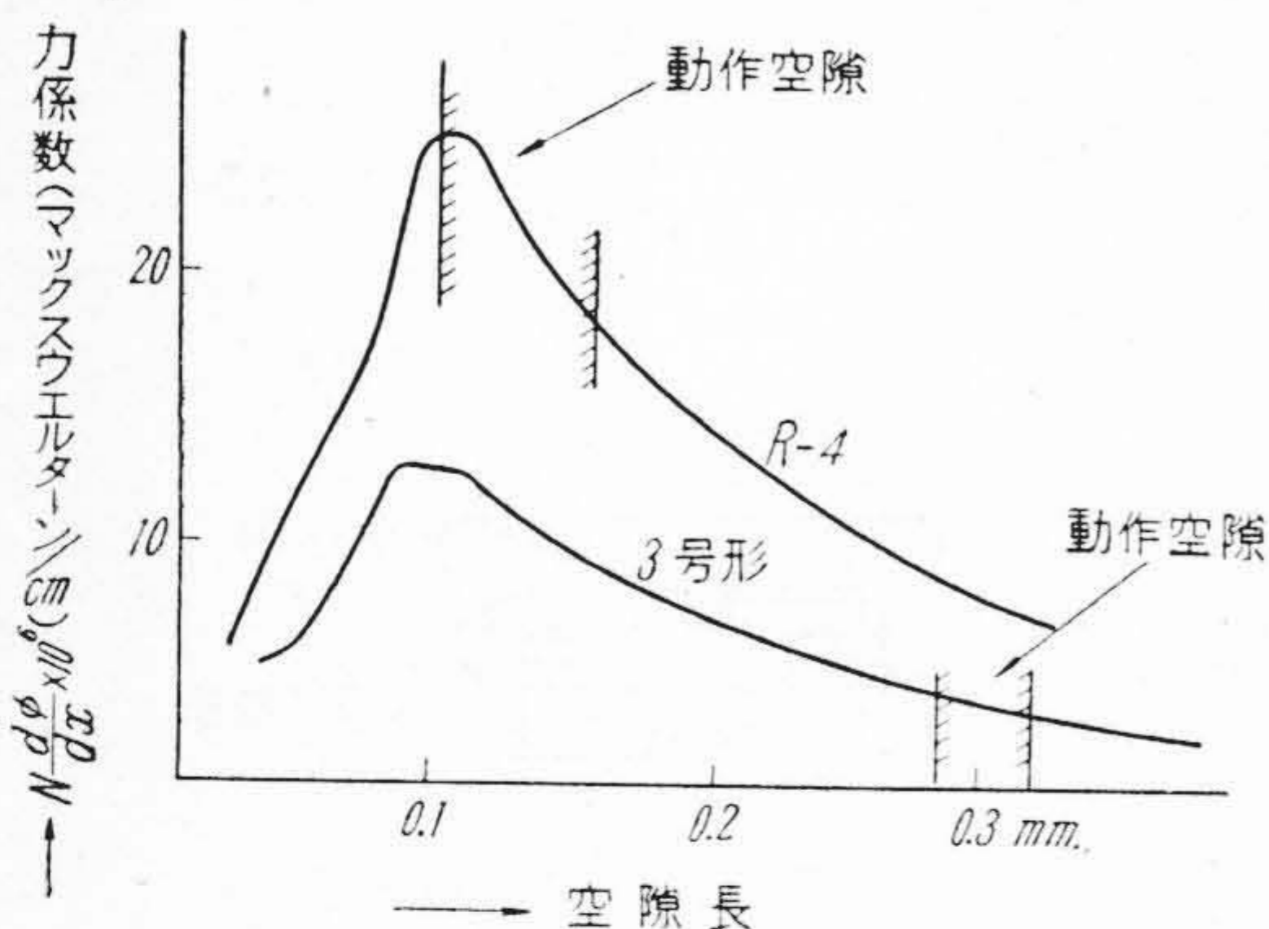


第8図 R-4受話器(A)と3号型受話器(B)の断面図
Fig. 8. Cross Section of "R-4" (A) and No. 3 Type Receiver (B)



第 9 図 R-4 受話器と 3 号形受話器の特性
Fig. 9. Frequency Response of "R-4" and No. 3 Type Receiver

2,500 ω で 10db 以下に収めるために振動板の共振周波数を略 1,800 ω にしてある。そのために振動板の磁気材料は高導磁率合金パーメンダーを使用し音響輻射体として 0.1mm のデュラルミン板を用いパーメンダーを中央にかしめてある。傾斜部にひだを設けたのは同位相の運動をさせるためと振動板に適當のスティネスを附与するためである。感度は振動板の能率と磁気能率との積に比例する。磁気回路の空隙長は 0.1mm~0.2mm に設計してあり、この間で空隙長の単位変化当りの直流磁束の変化の大きいほど能率がよく、これを力係数と称している。この値は磁石の強さによつて異なり第 10 図に示すように空隙長を変えて力係数の値を測定した曲線は山形をなし着磁の強いほどその山の位置が空隙の広い所にずれその最大値も小となる。力係数を大きくするには着磁を弱くして空隙長の小な所で働かせればよい。但し空隙長を著しく小とするときは磁極に吸着される危険があるので大体 0.1mm~0.15mm 程度が最適である。R-4 受話器は内極に 45% パーマロイを使用し、永久磁石に



第 10 図 R-4 受話器と 3 号形受話器の磁気特性
Fig. 10. Magnetic Characteristics of "R-4" and No. 3 Type Receiver

第 2 表 R-4 受話器と 3 号形受話器の特性諸元の比較
Table 2. Characteristics of "R-4" and No. 3 Type Receiver

	R-4 受話器	3 号受話器
力 係 数	25×10^6 maxwell turn/cm	3×10^6 maxwell turn/cm
振動板の有効面積 (S)	14 cm ²	7 cm ²
等価質量 (m)	1.2 gr	1.2 gr
共振周波数	2,000 ω	1,100 ω
等価スティフネス	190 dyne/cm	55 dyne/cm

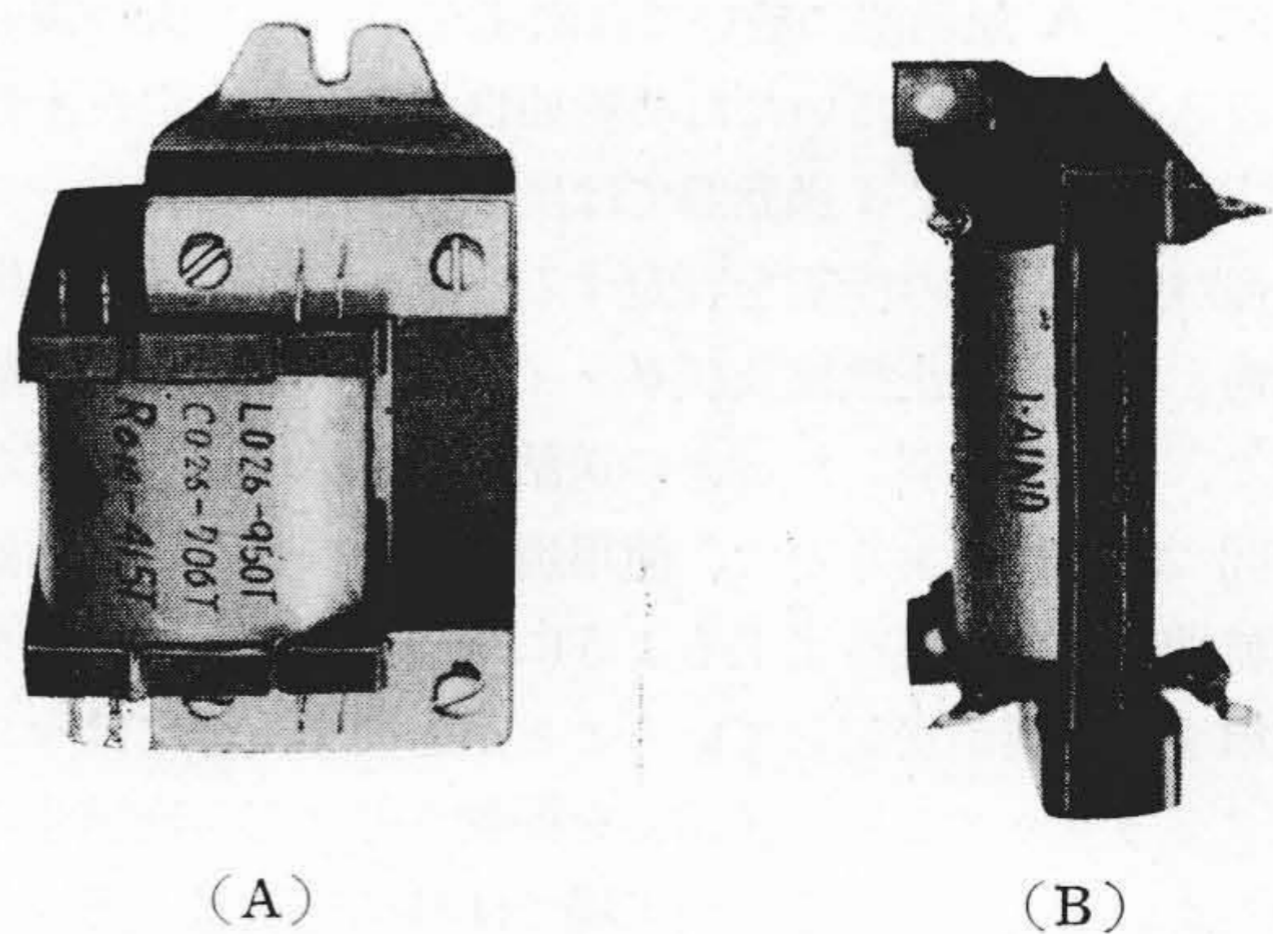
NKS-1 を使用しているので力係数の値が大きく且つ使用中に減磁する怖れが少い。第 2 表は両受話器の性能を比較したものである。共振峰を抑制するのにブックダンパーを使用している点は送話器と同様で枚数は 30~40 枚である。蓄電器紙の表面に機械的に凹凸を与えたものは特に制動効果が著しく 20 枚程度で目的を達し且つ純抵抗として作用するため感度が低下することがない。

誘導線輪

誘導線輪の目的は次の通りである。

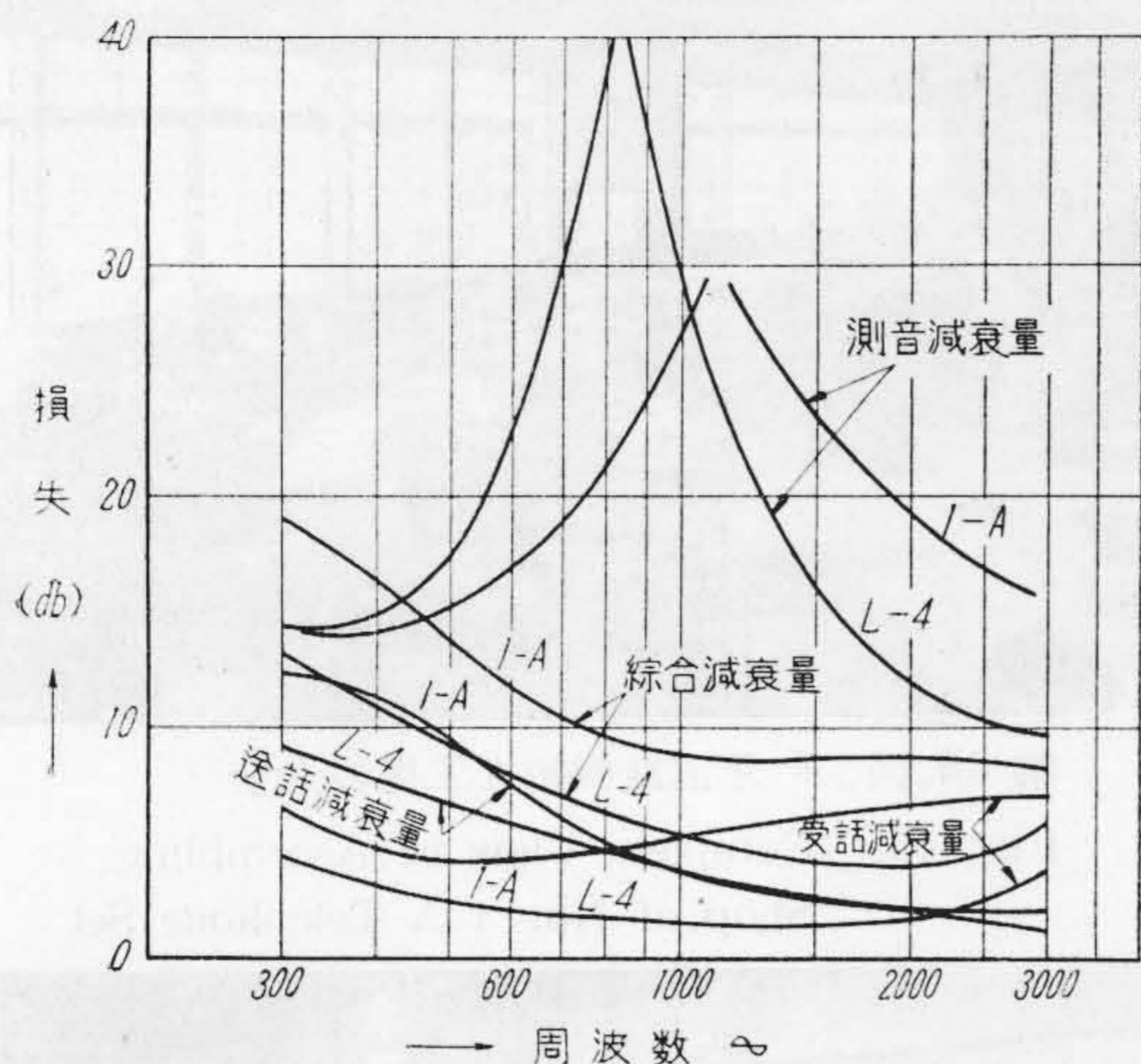
1. 送話減衰量を少なくする。即ち送話器の出力電流を能率よく線路に供給する。
2. 受話減衰量を少なくする。即ち線路からの入力電流を能率よく受話器に受入れる。
3. 側音減衰量を適正值に保つ。ここに側音とは自己の送話器から受話器に入る音をいう。

第 11 図、第 12 図は L-4 誘導線輪 (4 号電話機用) を 1-A 誘導線輪 (3 号電話機用) と比較したものである。元来防側音通話回路にはブースター形とブリッチ形と二種あるがブースター形は受話器に直流が流れるのを



第 11 図 L-4 誘導線輪 (A) と 1-A 誘導線輪 (B) の外観

Fig. 11. View of "L-4"(A) and "1-A"(B) Induction Coil

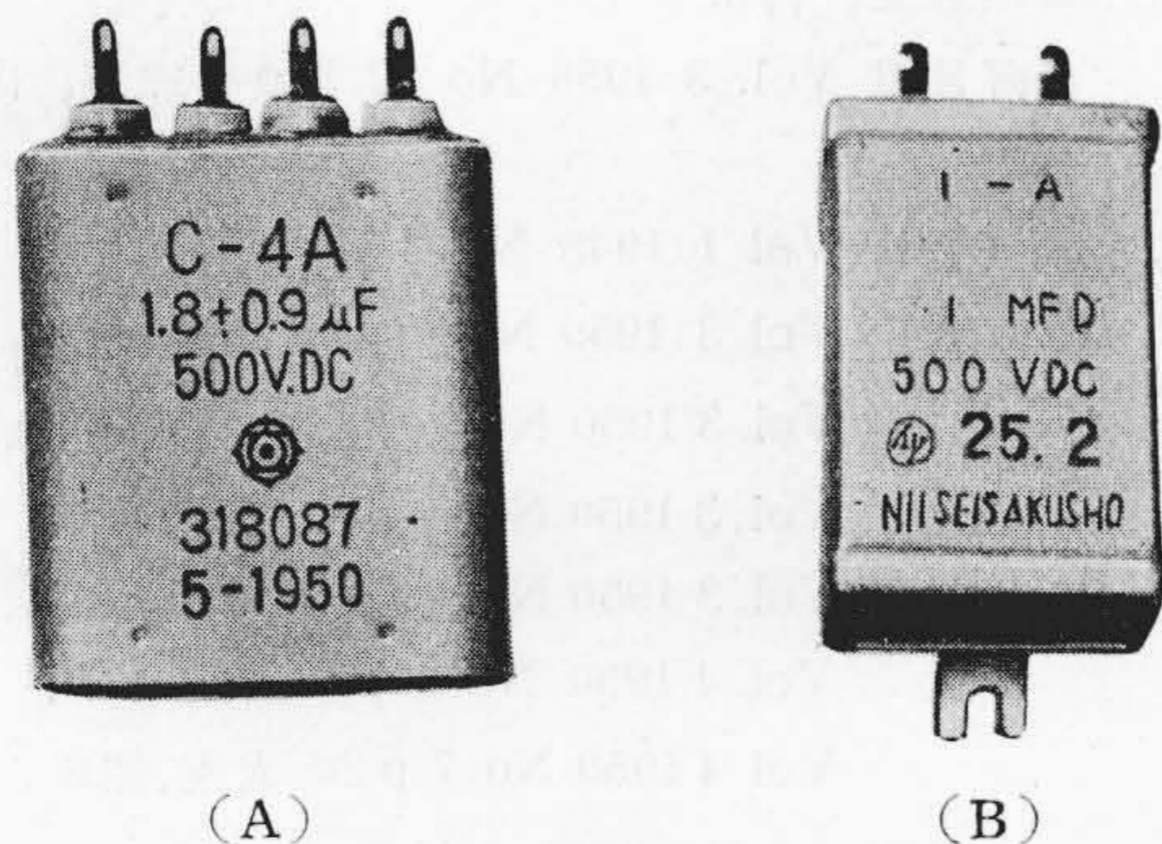


第12図 L-4誘導線輪と1-A誘導線輪の特性
Fig. 12. Frequency Response of "L-4" and "1-A" Induction Coil

防ぐためのコンデンサーを必要としそのインピーダンスのため損失が増す欠点があるが各種減衰量を決める自由度が大である長所を有する。3号電話機のコンデンサーは1μFであるが4号電話機では1.8μFを使用しているため損失は余り大きくないのでブースター形を使用している。線路のインピーダンスは電気通信省に於て調査された結果⁽³⁾、1021Ωと0.075μFとの並列回路と等価である事が判つたのでそれに基づいて設計してあるため各特性値は1-A誘導線輪に比して優れている。構造上は巻線をボビン型にしたため絶縁上優れている。

コンデンサー

第13図はC-4コンデンサー(4号電話機用)と1-Aコンデンサー(3号電話機用)とを比較したものである。コンデンサーは今迄述べた所で明らかなように通話回路の直流阻止と火花消去及び磁石電鈴の直流阻止と信

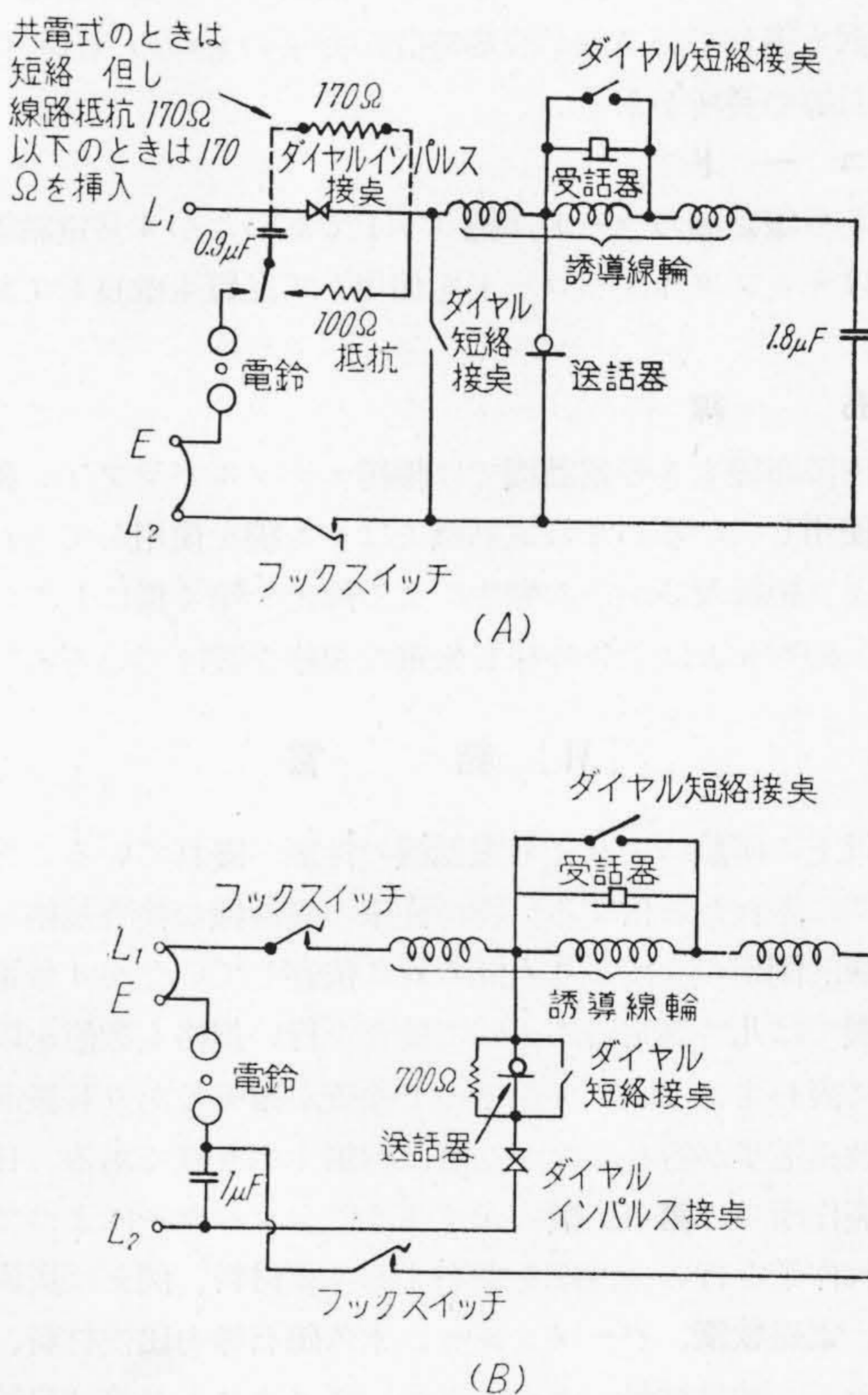


第13図 C-4コンデンサー(A)と1-Aコンデンサー(B)の外観
Fig. 13. View of "C-4" (A) and "1-A" (B) Condenser

号電流増大という三つの用途がある。1-Aコンデンサーは凡て1μFで兼用しているがC-4コンデンサーでは通話用として1.8μF他の用途に0.9μFを使用している。充填剤としてはクロールナフタリンを用い容量の大きい割に小型につくられている。

通話の総合性能

電気通信省電気通信研究所及び施設局調査課の調査によれば⁽⁴⁾⁽⁵⁾、明瞭度70%を維持するためには3号電話機では12dbの通話損を許し得るのに対し4号電話機では実に30dbの通話損を許し得る事が明らかにされている。即ち18dbだけサービスエリアが広がる事を示し優秀な性能を示すと共に経済的なサービスを提供している。第14図は3号電話機と4号電話機の回路を示したものである。



第14図 4号電話機(A)と3号電話機(B)の回路図
Fig. 14. Circuit Schematic of No. 4-A (A) and No. 3-A (B) Telephone Set

[V] 附属装置

フックスイッチ

3号電話機では第1図で示すように接点バネ組立は底板についているが送受器のかけ外しによりフックスイッ

チを動作させるプランチャはケースについているため単体として調整することが出来ない。4号電話機ではこれを改めてユニット形とし単体で調整が出来る。又接点も3号は丸形であるが4号では棒接点を交叉する方法をとっているから動作確実である。

ケース

ケースの形はスマートな流線形で家具調度品としての体裁を整えて居り又背部に手掛けがあつて持運びに便である。色は黒色が標準であるが需要家の必要に応じ御希望の色を調達することが出来る。尙従来は石炭酸系樹脂を使用したコンプレッションモールド方式のものが使用されていたが最近インジェクションモールドの技術が輸入されるに及び醋酸繊維系樹脂を使用したものも使用されている。このものは肉厚がうすくてすむから材料の節約となり軽くて強靱で落下しても破損することが少なく光沢も優れているほか成形時間が従来のももの1/15ですむ等の長所がある。

コード

3号電話機のコードは綿コードであつたが4号電話機ではキャブタイヤコードを使用して品質も改良してある。

布線

内部布線も3号電話機では編組エナメルパラフィン線を使用しているが4号電話機ではゴム線を使用してこれにより絶縁及びかびの発生による障害を除く様になっている。即ちゴムは十分吟味し厳重な規格を設けている。

[VI] 結 言

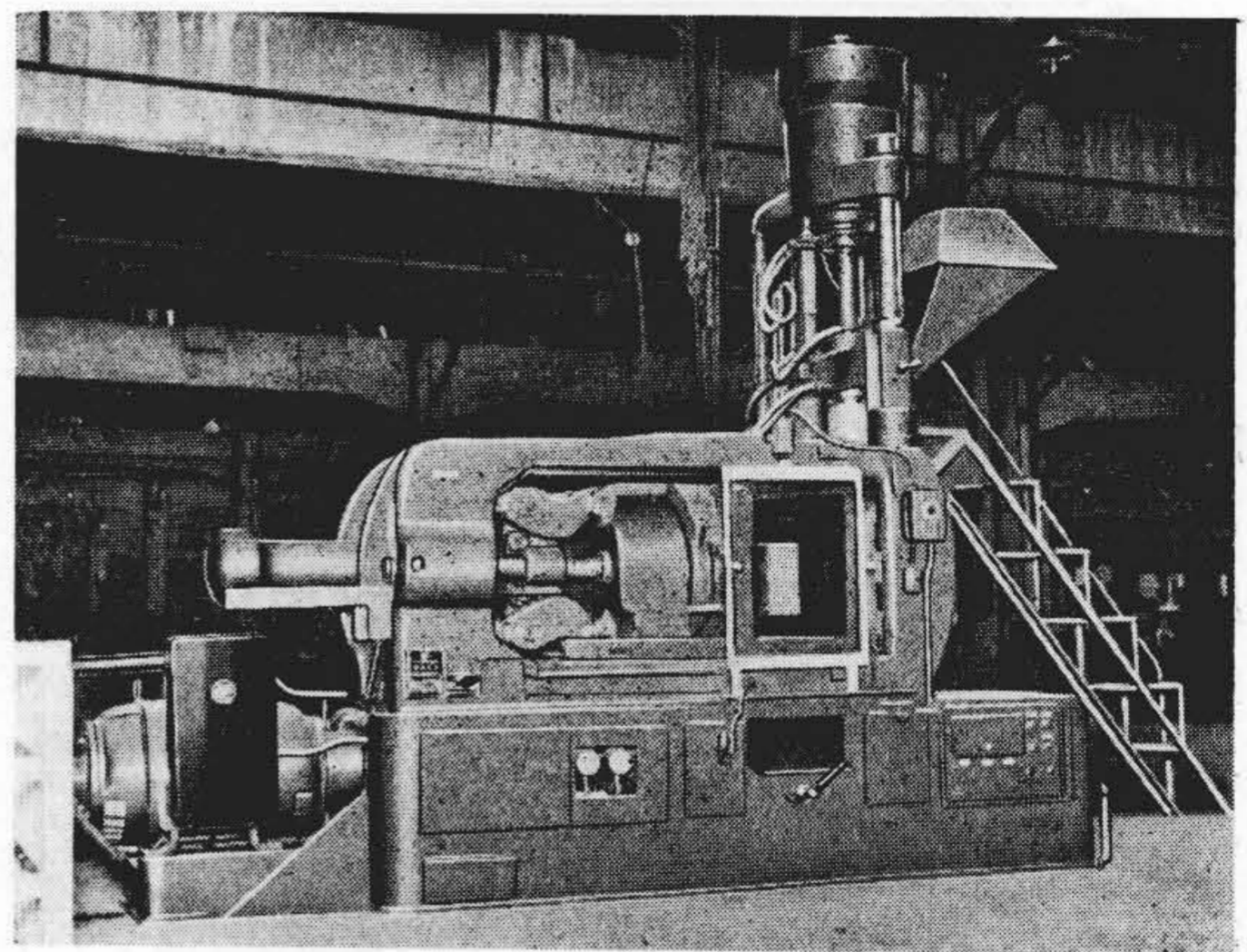
以上の所論により4号電話機の性能が優れていることが明にされたと信ずる。特に従来の電話機の検査規格が主観的測定のみにより人間の耳に依存していたが4号電話機では凡て測定器によつて検査を行い規格も数値を以つて表わすようにしてあるので検査が確実であり且製品の改良進歩が容易になつた点は特筆すべき点である。日立製作所では第15図に示すようにコンベヤーによつて流れ作業を行い、性能を左右する主要材料、例えば炭素粉、電磁軟鋼、パーメンダー、永久磁石等の磁性材料、コード、絶縁材料、モールド品、ダイカスト品等は自給態勢を整えており、特にインジェクションモールド機は現在日本にある最大容量のものを保有し第16図のように26年秋から量産を開始し広く同業他社にも供給し得るようになった。

最後に4号電話機の量産については電気通信研究所の終始変らぬ御指導を賜つたこと及び本稿には同研究所及び施設局調査課の各種文献を引用又は参考⁽⁶⁾させていただいた事を附記し併せて厚く御礼申し上げる。



第15図 4号電話機組立工場の全景

Fig. 15. Complete View of Assembling Shop of No. 4-A Telephone Set



第16図 インジェクションモールド機の外観

Fig. 16. View of Injection Moulding Machine

参 考 文 献

1. 施設 Vol. 2 No. 7. 1950. p 53. 宮田、大久保
 2. 4号電話機の概要 p55 Fig. 2. 11
 3. 4号電話機の概要 p94
 4. 施設 Vol. 3 No. 2 p 58 実回線に於る4号電話機の明瞭度、宮田
 5. 通研月報 Vol. 3 1950 No. 2. 3 p 4 三浦、山口、佐野
 6. 通研月報、Vol. 1 1948 No. 2 p 16 早坂
 - " Vol. 3 1950 No. 1 p 46 伊藤、杉本、大塚
 - " Vol. 3 1950 No. 2. 3 p 4 三浦、山口、佐野
 - " Vol. 3 1950 No. 5. p 4 三浦、山口、佐野
 - " Vol. 3 1950 No. 12 p 55 増沢、大川、犬飼
 - " Vol. 4 1950 No. 6 p 15 林、衣川
 - " Vol. 4 1950 No. 7 p 20 大友、池田、岩崎
 古沢、坂間
 - 施設 Vol. 2 1950 No. 7 p 53. 宮田、大久保
 - " Vol. 3 1951 No. 2 p 58 宮田
- 4号電話機の概要 電気通信研究所 昭和24年8月刊行