

鉱石検波受信機の修理復元

平成17年 3月25日

日本郵政公社郵政資料館

資料専門員 井上恵子

独立行政法人情報通信研究機構

総務部研究環境整備室科学技術整備グループ

主幹 小室純一

独立行政法人情報通信研究機構

総務部研究環境整備室科学技術整備グループ

主幹 三木千紘

電気通信振興会 技術顧問 若井 登

平成16年度の共同研究項目の一つである鉱石検波受信機の修理復元は、年度当初から着手したにも拘らず、大幅な遅延を余儀なくされた。その理由は資料の不足であり、言い換えれば、本受信機が多数のコイル、コンデンサや切り替えスイッチを含む、かなり複雑な構成であるにもかかわらず、何一つ記録が残っていなかったことによる。従って、部品を1点1点採寸して構造図を作ること、また配線の一つ一つ辿って配線図を作ることから始めなければならなかった。最近に至り、日本無線史中の火花式無線電信の項に、ほぼ同じ型の受信機に関する記事があることを発見した。これがその後の作業の進捗に大きく貢献し、平成17年2月になって実際に電波を受信できるようになった。ここに研究成果を取りまとめて報告する。

なお本機は、通信総合博物館では鉱石検波受信機と登録されているが、日本無線史に記載されている同型の受信機は、通信省式鉱石検波器受信機と記されていることを註記する。

研究の目的

今までの共同研究の対象は、歴史的に由緒があり、また技術的に重要な電気通信機器について、基本的には年代の古い方から順次修復を行ってきており、分野としては有線通信機器が主体であった。

そこで平成16年度は、調査対象を無線関連の機器にも広げることとし、その手始めに最も古いと思われる鉱石検波受信機を選択した。歴史的に見ても、鉱石検波方式はコヒーラ検波から真空管検波への移行期を担った、技術的にも興味のある方式である。

外観と構造

本機は幅48、奥行き30、厚さ2.5センチもある大きなエポナイト板の上に、4個の鉱石を含む多数の回路素子を並べた受信機であって、鉱石式受信機とはいえ、ラジオ放送開始の頃普及した簡易型鉱石受信機とは比較にならないほど大きく複雑なものである。その外観・構造並びに通信省式鉱石検波器受信機との類似から推測すると、明治後期の製品と思われるが、製造者や製造年月は不明である。通常通信省が外注したものには、製造会社等を刻印した銘板が張られる。それが無い理由を推測すると、本機が通信省の海岸局で使用するために省内の製機工場

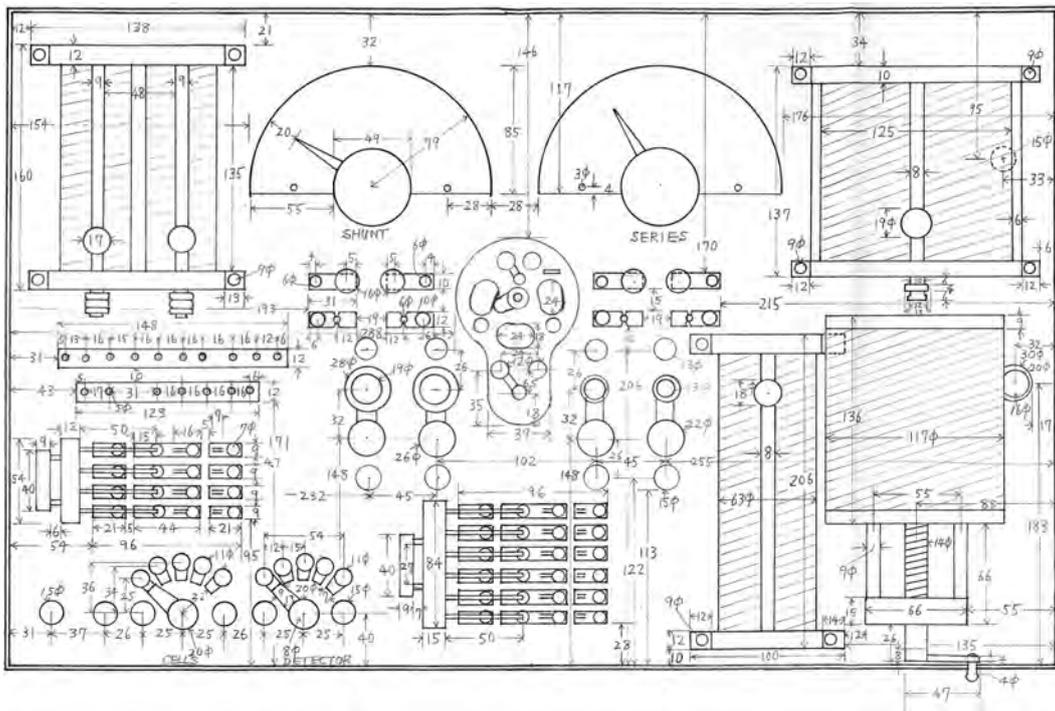


図1a 配線図表面

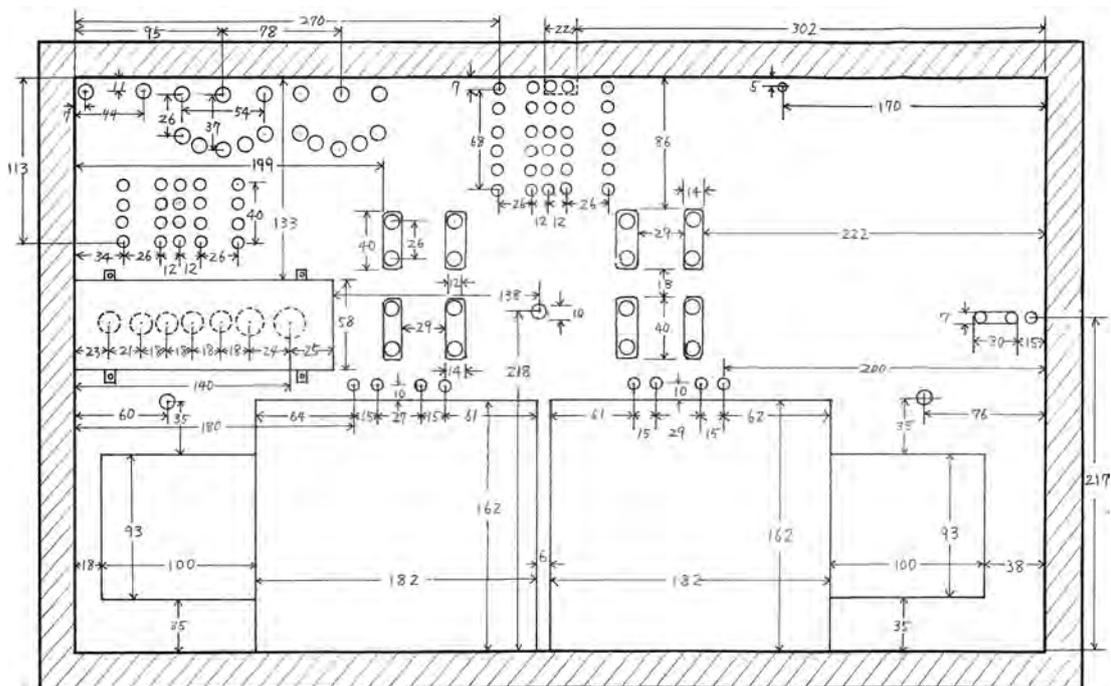


図1b 配線図裏面

で作られたことを意味するのかもしれない。一方、SHUNT, SERIES, CELLS, DETECTOR など、盤面の表示すべてが英語であることから、外国製である可能性がないとは言えない。

外観は写真1の通りであり、部品の配置と構造は新たに製図された図1a（表面図）と図1b（裏面図）の通りである。また図2に実体配線図を示した。重量は36kgである。



写真1a 外観図各種（前面）

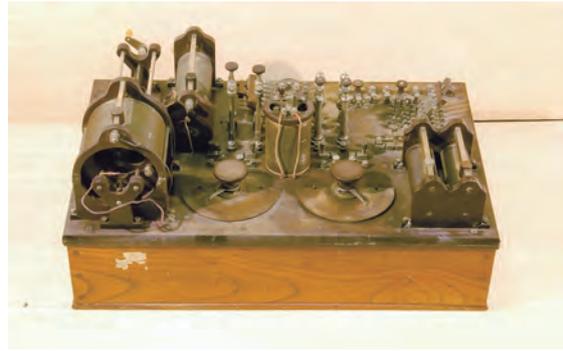


写真1a 外観図各種（背面）



写真1a 外観図各種（俯瞰面）



写真1a 外観図各種（側面）

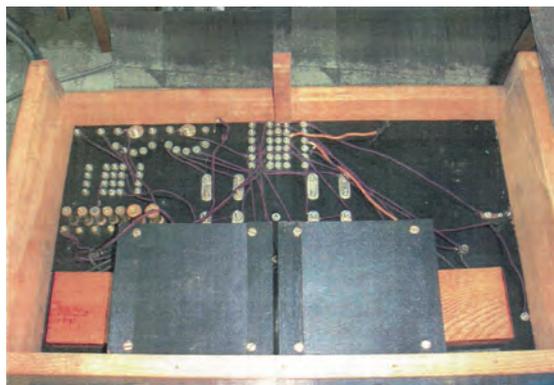


写真1b 裏面配線図

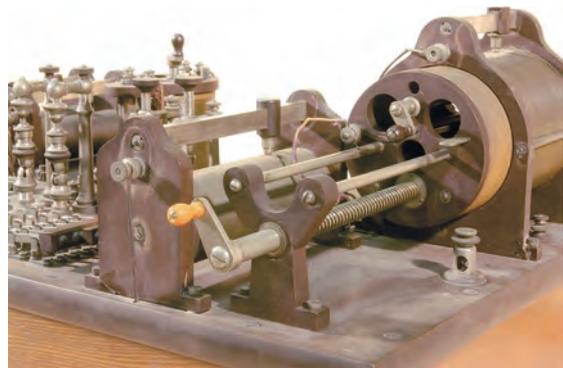


写真1b Dコイル位置決め用雄ネジシャフトハンドルつまみ（新規製作）

修理の経過

平成16年度の初めに本機を情報通信研究機構に運び、修理に取り掛かった。最初に行ったのは埃払いと、つまみナット類、摺動部の錯落しであり、全配線端子の電気的接触を確かめることであった。次にコイルの脚の修理に入った。大きく重いコイルを支える脚は大半が折れていたため、エポキシ接着剤を用いてすべて原状に戻した。

他の機械的損傷としては、コイルDの内側コイルを出し入れする、位置決め用雄ネジシャフ

トのハンドルのつまみが失われていた。そこで原型に近いと思われるつまみをベークライトで新たに製作して取り付けた。

可変インダクタンスの摺動片をもつ7個のコイルは全部分解し、特に摺動部の錆びた部分は磨いて電氣的接触を確かめた。また2個の空気バリコンの回転部分は非常に固く、ほとんど動かさなかったため、左側のSHUNTバリコンは分解注油した。その際一部の回転角でロータ（回転羽根）とステータ（固定羽根）が接触するので、その修理には手間取った。バイアス電源の電圧調整用抵抗は、コンスタン線が切れていたが、代替品がないので、使える部分をつなぎ合わせて、少ない抵抗値のまま結線した。この修理も含めて、回路素子がそれぞれの機能を回復するのに数ヶ月を要した。

配線に関しては、バイアス電池を接続する2本の配線が垂れ下がっていたことを除いて、断線もなかったので原状のまま使用した。

ただし電池用の2本の線は、盤の下から左の引き出しの中に出し、そこで電池につながようになっていたので、新たに乾電池ケースを入れてそれに配線した。その他、端子の緩みは随所にあり、それによる錆と接触不良を取り除くのにかなりの時間を費やした。

受話器は失われていたので、受信テストのためにスピーカつきのトランジスタアンプを製作した。しかし鉱石だけで受信する本来の姿に復元するためには、内部抵抗数キロオームの受話器が必要である。当時無線用に使われていた受話器（両耳に掛けるレシーバ型）は、日本無線史によると内部抵抗が6キロオームとのことであったが、そのようなマグネティック受話器は入手できないので、止むを得ず逓信総合博物館にあった有線用の受話器（4キロオーム）を用いた。音響板は錆びつき、コードは劣化してずたずたであったが、修理の結果何とか使えるようになった。しかしクリスタルイヤホンと比べてみると感度が低く、実際の受信には使えない状態であった。

検波器の鉱石は1個だけ残っていたものの、他はすべて失われていた。そこで一般的に用いられていて入手し易い黄鉄鉱を購入し、程よい大きさに砕いてホルダに入れ、また対向する鉄針を製作して検波器を2組再生した。また装着されていたはずの2組のX検波器については、文献には見られるが何も残っていないので、復元は今後の課題とした。

電氣的性能

日本無線史中の火花式無線電信の項に、明治42年から43年頃に製作され、船舶通信用海岸局において使用された、逓信省式鉱石検波器受信機がある。それは明治42年（1909）6月に逓信省の佐伯美津留技師が発明した「無線電信電話受信受話装置」を製品化したものであって、アンテナ回路を除いて、本機と極めて類似している。当時はまだ無線電話は発明されていなかったにもかかわらず、電信・電話両用となっているが、これは遠からず無線電話の時代が到来することを予見した、時代先取り型の命名であろう。無線電話の発明とその時期に関しては、1900年にフェッセンデン、1903年のプールゼン、1909年のマヨラナなどが知られているが、1912年以前に実用になったものはない。このような状況の中で明治45年（1912）にTYK無線電話が発明された。無線電信から無線電話への移行期にあつて、本機のような振幅変調波の検波が可能な鉱石検波器受信機が生まれても何の不思議もない。

日本に初めて5つの海岸局が開設された明治41年には、無線電信の通達距離は150海里（280km）程度であったが、その後の技術の進展により、2、3年後には約20倍の3,000海里にまで増加した。この受信感度の増加は、開局当時の磁気検波器から始まって、明治42年鳥潟右一発明による鉱石検波器、さらに明治43年佐伯美津留発明のX検波器にいたる、検波器の

改良によるところが大きい。本機も4個の検波器を装着しているが、その内二つは鉱石検波器であり、他の二つはX検波器である。

当時船舶通信に割り当てられていた周波数帯は300m帯と600m帯のはずであるが、本機は約150kHzから4MHzまで変えられる二組のLC回路が、盤上のナイフスイッチで切り替えられるようになっている。またそれと同じ周波数帯のLC回路が検波後の可聴周波数部に一組ある。以下図2の実体配線図を用いて、受信機の動作を説明する。

入力回路：装置盤右端の中央にアンテナ端子がある。また固定コイルDの右下に接地端子が隠れる形で装着されている。両者の間に、図4の配線図に書かれているような避雷器はない。アンテナ端子はアンテナ同調コイルCに接続されている。その可変インダクタンスの摺動端子は6極双投のナイフスイッチFに接続されている。入力電波は、スイッチを右に倒すとコイルDに、左に倒すとコイルEに導かれる。

通信用コイルD：同心コイルDの内コイルを、同心軸上をスライドさせることにより、両コイルの結合度を変え、同調曲線をシャープにして混信を除去する構造になっている。両コイルは共に摺動つまみを動かして同調を取るようになっている。内コイルの両端は直列可変コンデンサC1と検波器にスイッチFを通して接続されている。

選局用コイルE：盤の中央にある縦型の同心コイルEは結合度が密な2つの固定コイルからなり、外コイルは摺動つまみの上下動により、内コイルは回転軸によりインダクタンスを調節することができる。通信に先立って、スイッチFを左に倒し、コイルEの内コイルと直列可変コンデンサC1を変化させて同調を取ると、感度は高いが帯域は広い状態、で電波を受信できる。目的局を確認した後、スイッチFを右に倒してコイルDに切り換え、バリコンC1と内コイルのLを変化させながら目的局を選び通信に入る。

検波回路：左のX1とX2は、上下のホルダがともに石をくわえる形なので、恐らくカーボランダムと磁鉄鉱の組み合わせになるX検波器であろう。また右のK1とK2は上が針を、下が鉱石をくわえる構造になっているので、多分鉱石検波器であろう。図4の説明は左が鉱石K、右がX

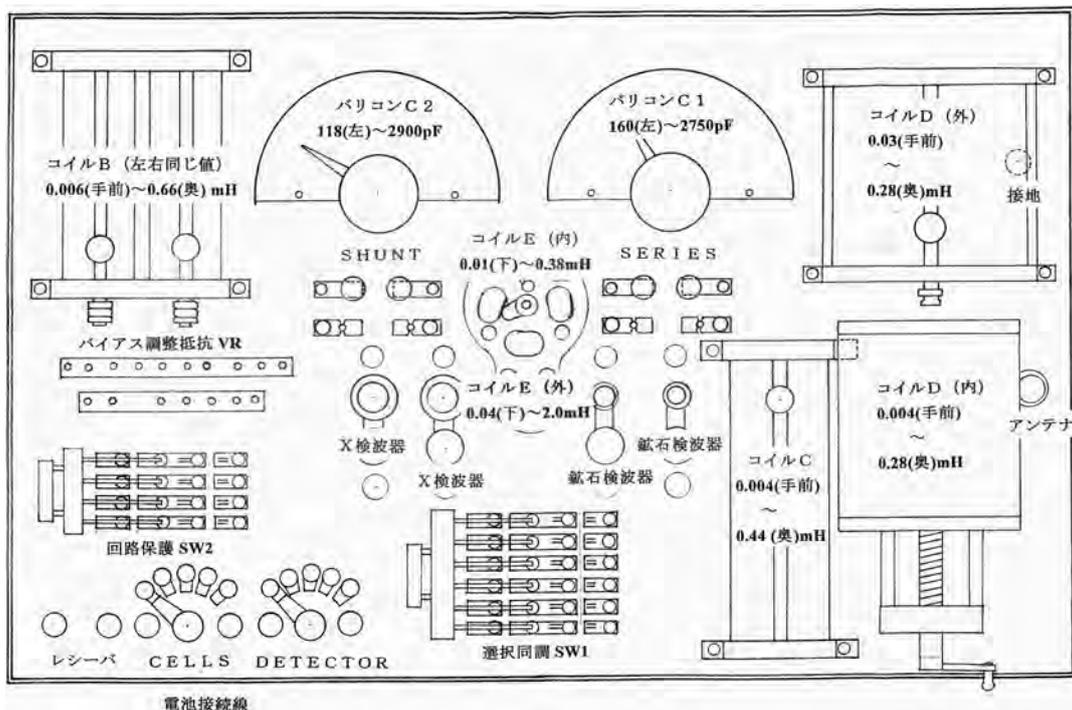


図2a 構成部品の電氣的常数

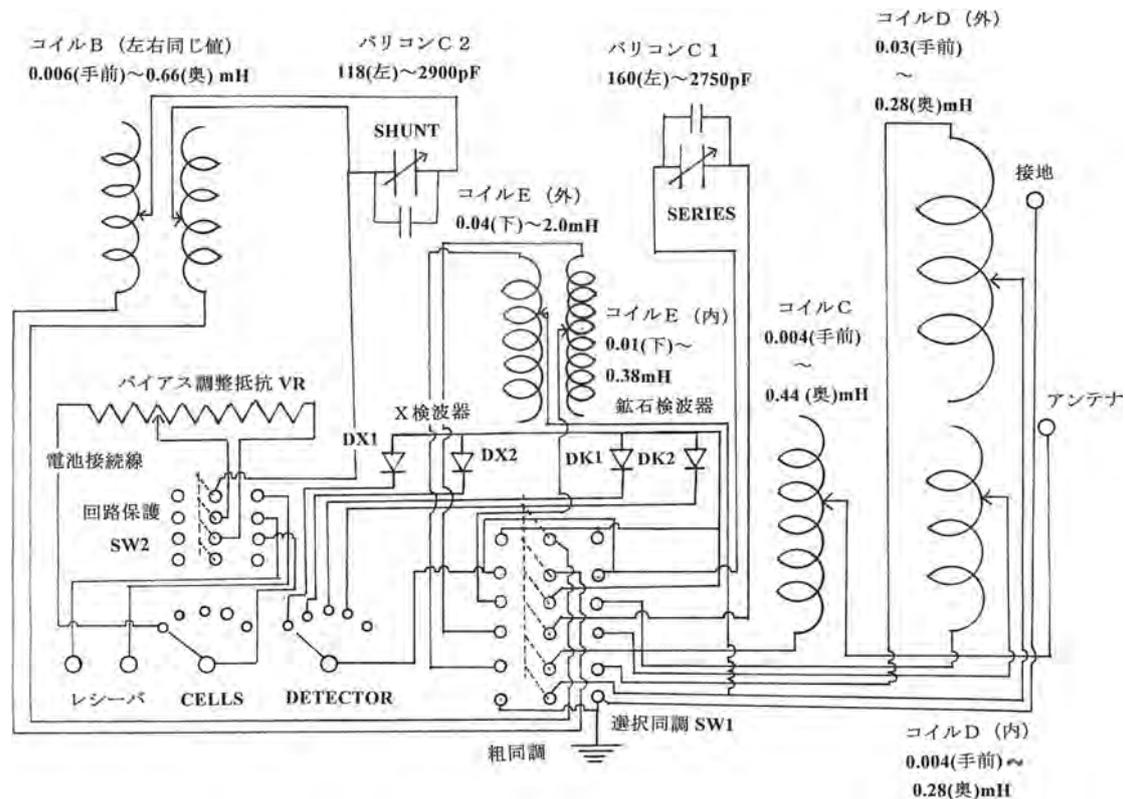


図2b 実体配線図

検波器Lとなっており、本機と左右反対である。

鉱石検波器もX検波器も電圧電流特性の小電圧領域に非直線部分を持っているので、動作点をプラス側に極くわずかずらすと検波歪が少なくなる。そのためのバイアス電圧変化用回路が盤上左に配置されている。盤の下から抽出しの中に2本のリード線が出ているのは、バイアス電池を接続するためである。バイアス電圧は盤上の横一列のプラグを挿入して調節ようになっている。X検波器の場合、バイアス電池のプラスをカーボランダムに、マイナスを磁鉄鉱に接続して0.25から0.5ヴォルトを印加すると最大感度になるといわれている。鉱石検波器の場合、紅E鉛鉱と班銅鉱では0.02~0.07ヴォルトを加えたとき最も感度がよいとされるが、鉄針と黄鉄鉱の組み合わせで何ヴォルトがよいかについては、データがない。

出力回路: 並列コンデンサC2とコイルBによる共振周波数範囲は、約250kHzから4.2MHzであった。受信器には約6キロオームの磁石受信器が用いられる (ここでは4キロオームの受信器を用いた)。

操作法

1. アンテナ線をアンテナ端子につなぐ。アース線をアース端子につなぐ。(しかし実際には、アース線をコイルCの固定端に接続した時、放送波が受信できた。その理由は、アンテナコイルCを経由せずに、アース線がアンテナとなって放送波を受信したと考えられる。)
2. スイッチGを立てて中立にし、引き出し中の1.5ヴォルトの乾電池をバイアス電池として接続する。その際検波器の上側がマイナスになるようにつなぐ。スイッチGを右に倒し、バイアス抵抗調節用のプラグを調節して、検波器の両端に0.2ヴォルトが印加されるようにする。(装着した黄鉄鉱の検波器はバイアス電圧を変えても感度や歪に改善は見られなかった。)

3. 6連のスイッチFと4連のスイッチGは立てて非接続とする。
4. 本機にはアンテナ向調用のキャパシタンスがないので、Antコイルの摺動子を動かしてインダクタンスを調節する。
5. 選局用コイルEの外コイルのインダクタンスを調節する。
6. スwitchFを左に倒し、コイルEの内コイルとバリコンC1とを調節して、目的の周波数に同調を取る。(実際にはバリコンC1は選局にあまり影響しない。)
7. その際バリコンC2と2つのコイルBを調節しながら(実際にはバリコンC2はあ選局にほとんど影響しない)、最大感度を求める。2つのコイルBはバランスを取りながら変えると良い。
8. 目的波を受信したら、スイッチFを右に倒し、コイルDの内コイルを調節して同調を取り、その後その内コイルをスライドさせて、外コイルとの結合度を加減しながら、混信の少ない受信状態にする。
9. この間、DETECTOR スwitchにより最も感度のいい検波器を適宜選択して用いる。

受信テスト

各部の修理の終わった平成17年2月から、受信テストに入った。周波数帯は現在の中波放送帯をカバーしているので、アンテナ線を張って聴取を試みた。米極東放送(FEN、810kHz)が聞こえた翌日、バリコンのダイヤルを回している内、日経短波が聞こえたときは驚いたが、同調周波数を計算してみると、受信可能周波数範囲内(150kHz～4MHz)であることが判明した。また日によっては北朝鮮の日本向け短波放送が4MHz帯で聞こえた。その後春になってD層による吸収が増えたため、HF放送は聞こえなくなった。

それにしても本来の中波が受からない筈はないと模索している内に、受話器用に作ったターミナル板に絶縁不良が見つかった。それをアクリル板と交換し、感度の悪い受話器をクリスタルイヤホンに交換して、同調を取ったところ、東京地区の大電力局であるNHK第1と第2、FEN、ラジオ東京、日本放送が聞こえるようになった。

普通は同調の主役である筈のバリコンが、本受信機ではほとんど選局に寄与していないが、その原因が回路構成にあるのか、接触不良により規定の静電容量を持っていないことによるのかなどを今後調査したい。

増幅技術のなかった当時、本機は検波出力をそのまま聞くように作られているが、今回の修復により、一応本来の性能を示す程度には復元できた。しかし今後展示公開をする場合も考えて、専用の低周波増幅器を付属させることとし、小型の1Cアンプを製作した。

修復の成果

明治41年頃から、コヒーラ検波器より感度のいい検波器として発明された鉱石検波器やX検波器は、電信だけでなく、無線電話のような振幅変調波の復調(検波)にも使用可能である。それにしても、無線電話がまだ発明されていない明治42、43年に何故本機が生まれたのか。その理由の一つは前述のように、無線電話の実用を目前にした時代先行型としてであり、さらには無線電話機を搭載した外国船舶の往来が少しずつ増えてきたため、海岸局はその対応の必要性がすでに生じていたことも考えられる。

当時の通信省は、無線電話の受信技術はすでに持っている、残る連続波の発振技術に研究の矛先を向けていた。事実その数年後の明治45年にTYK式無線電話は発明されている。

本機の受信可能周波数帯が短波の低域にまで及んでいる理由は不可解である。短波が登場す

るのは1920年代である。短波長化の傾向を予見していたのか、またはバリコンとコイルの定数がたまたま短波帯にまで伸びただけなのか。この点については今後調査したい。

コヒーラ時代を過ぎて、真空管時代に入ろうとする端境期に、また電信から電話に移行する転換期に登場した、この逡信省式電信電話受信受話機は、当時の技術をそのまま伝えてくれる生き証人として極めて価値の高い装置である。修復により使用可能な状態になったので、然るべき時期に本機を公開し、当時の技術の紹介に努めたい。

参考文献

1. 鉱石検波器受信機:日本無線史第1巻、火花式無線電信機の受信機
2. 鉱石検波器:日本無線史第1巻