

「雷サージ対策に関する調査研究」

研究期間 10年度～11年度（2年計画）

研究機関 海上保安試験研究センター 技術第一課

研究者 延岡美智男

研究の目的

DGPS送信局の雷障害をできる限り少なくし、DGPSシステムの安定運用を図るとともに、修理のための作業及び費用を軽減するため、耐雷対策用品の開発及び接地回路の施工方法等を調査・研究する。

研究の内容

1 方法

文献収集及びラジオ送信局の実状調査等を行い、DGPS送信局として、最適の対策方法を策定する。

2 耐雷対策の基本

(1) 概要

耐雷対策は、「同電位化」と「電圧協調」の二点に集約される。

これさえ、確実に履行できれば、雷害は皆無となるが、経費と効果の関係を考慮すると、施工は難しいものになる。

したがって、DGPS送信局の雷対策として、直雷時「20kA（瞬間60kA）」、サージ電圧「30kV」、電流「1kA」を想定し、次を行うこととした。

(2) 同電位化対策

- イ 耐雷用接地回路は、アースマット＋避雷用銅板
- ロ 接地回路は、全て避雷用銅板に接続（一点接地化）
- ハ 各機器の接地端子は、避雷用銅板に個々に接続
- ニ 電力線等で接続される他施設間を母線で接続
- ホ 局舎のゲージ構造化

(3) 電圧協調対策実施

- イ 耐雷回路（3-1図）を空中線基部に挿入

- ロ 耐雷トランスを電力線路に挿入
- ハ 有電圧接点絶縁ユニットを電圧信号線に挿入
- ニ 絶縁トランスを音声信号線に挿入
- ホ ハ及びニの光ケーブル化促進

3 耐雷回路開発

(1) 設計

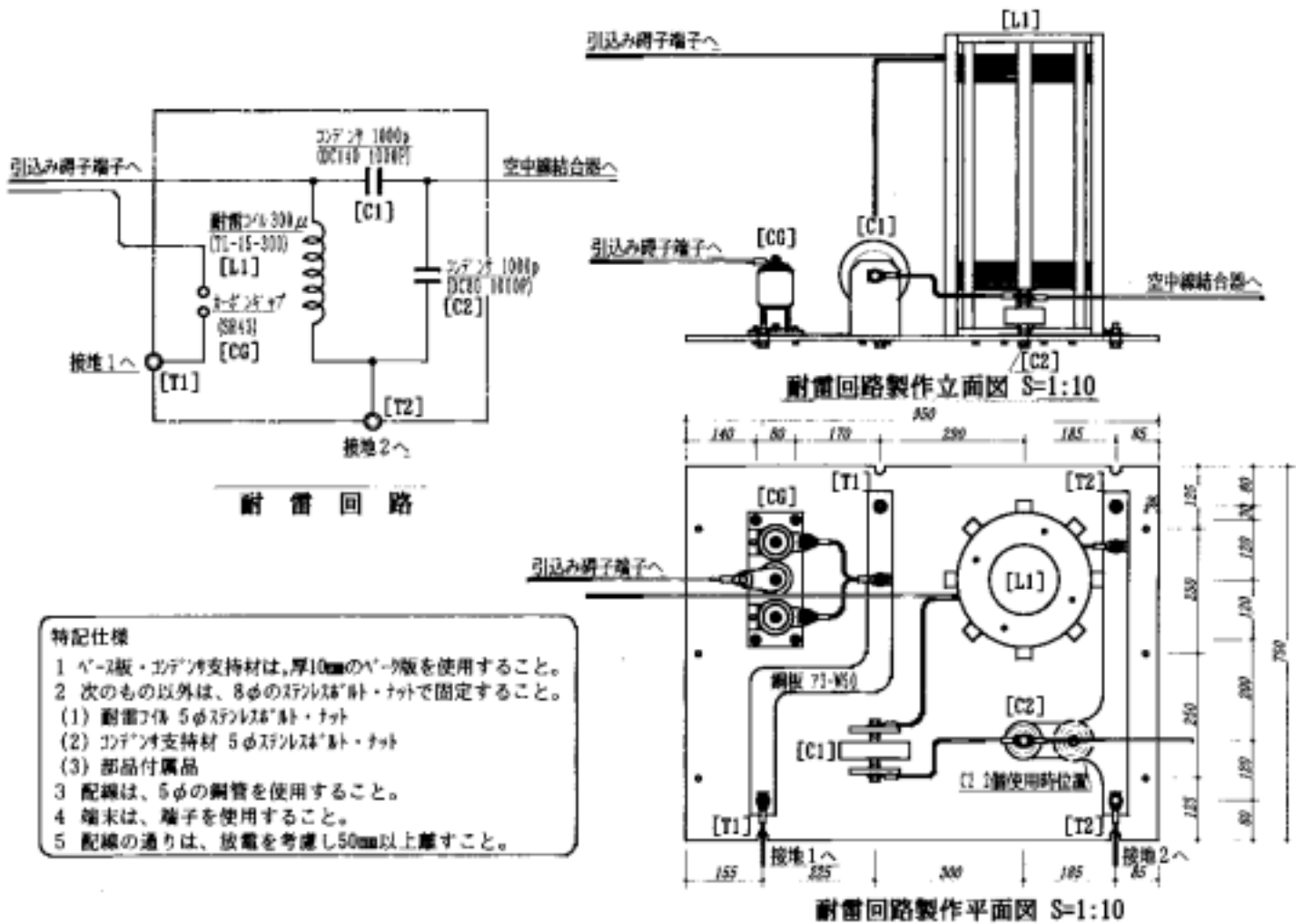
空中線への直雷対策として、NHKがラジオ局の耐雷対策として成果を上げている、空中線基部に「コイル」を挿入する方式を採用することとした。

しかし、本方式は、DGPS送信局と周波数帯が違うこと、送信機の回路構成が違うため、流用できる状況になかった。

このため、次の仕様でDGPS送信局専用の耐雷回路を開発することとした。

- イ 制作費「1,000千円以下」
- ロ 耐雷電流強度「観測の80%程度」
許容雷電流「20kA」（瞬間最大60kA）
許容通電時間「200ms」
- ハ 流入雷電流阻止率「95%以上」
- ニ 挿入損失「1dB以下」
- ホ 入出力インピーダンス変化「10%以下」
- ヘ 想定以上の雷電流流入時、耐雷回路を壊し、送信機等を保護する。
- ト 耐雷回路破損時、空中線結合器と空中線の直接接続で、通常運用ができる回路構成とする。

以上の仕様を満足する耐雷回路を開発するため、回路構成の検討、常数算出及び1/10のスケールモデルでの実験並びにコイル製造者との協議の結果、3-1図の回路を設計した。



3-1図 耐雷回路・製作図

(2) 耐雷回路製作

3-1図の部品を部品相互間及び壁-部品間の放電を考慮して、3-1図の回路を製作した。

(3) 耐雷回路強度試験

耐雷回路の強度を確認するため、東京都立産業技術研究所で次の試験を行った。

イ 耐電流試験

10パルス電流5kA～30kA(8kV)を回路内に流し、回路部品の損傷及び出力電圧等を確認する。

ロ 耐電圧試験

10パルス電圧500kV～1000kV(5kA)を回路に加え、回路部品の損傷及び出力電圧を確認する。

以上の結果、使用部品に損傷はなく、設計強度が確保できていること、流入阻止率も仕様を満足している

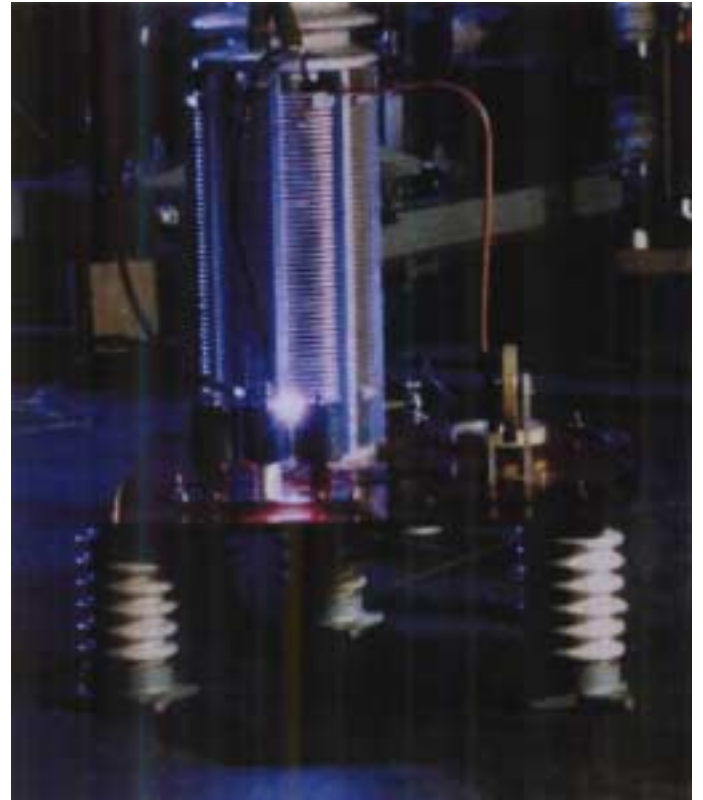
ことが判明した。



耐雷回路写真



耐電流状況写真



放電写真



耐電圧状況写真

(4) 耐雷回路温度等試験

耐雷回路の温度変化及び鉄製保護箱に納めた場合の扉開閉時の空中線電流の変化を確認するため、当所の恒温槽を使用して、 $-20 \sim 50$ の間を測定し、次の結果を得た。

- イ 空中線電流が10 当たり「4%」程度変化する。
- ロ 箱扉の開で空中線電流が「18%」程度低下する。

(5) 性能等（仕様充足度）

以上の試験及び平成11年3月、尻屋崎DGPS送信局での実装試験で、本耐雷回路の性能等は、次のとおり、当初の仕様を満足していることが判明した。

- イ 制作費「600千円」（試作器価格）
- ロ 耐雷電流強度「設計強度確保」
- ハ 流入雷電流阻止率「99%」
- ニ 挿入損失「0.4dB」
- ホ 入出力インピーダンス変化「9%」
- ヘ 10 当たりの温度変化率「4%」
- ト 室外型、扉開閉時の変化率「18%低下」



恒温試験状況写真

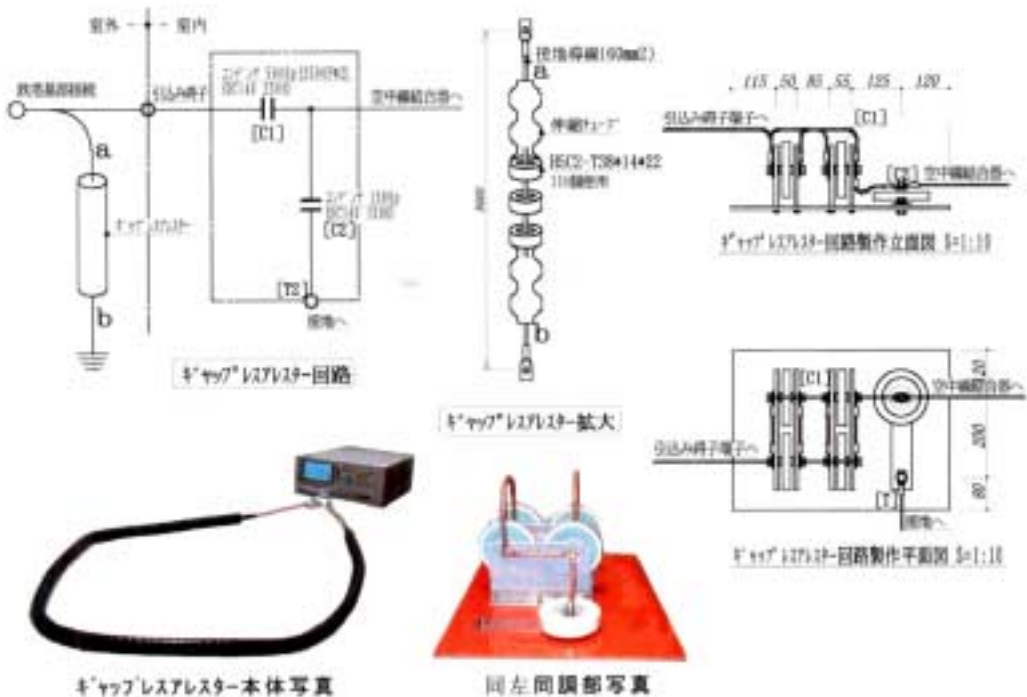
4 ギャップレスアレスター開発

前項で記述した耐雷回路は、耐電流強度に制限があること、微少な挿入損失もある。

このため、送信機の新規設計（空中線電流リミッター回路等具備）を要するが、耐雷回路の問題点を解消する、ギャップレスアレスターを次世代の電圧協調素子として開発した。

ギャップレスアレスターとは、「フェライトコア」の雷電流通電時インダクタンスがほぼ「0」に成るとい特性を利用して、雷電流を直接大地に放流するもので、NHK技術局が開発し、現在、山口県の須佐ラジオ局で試験運用中の空中線電圧協調素子である。

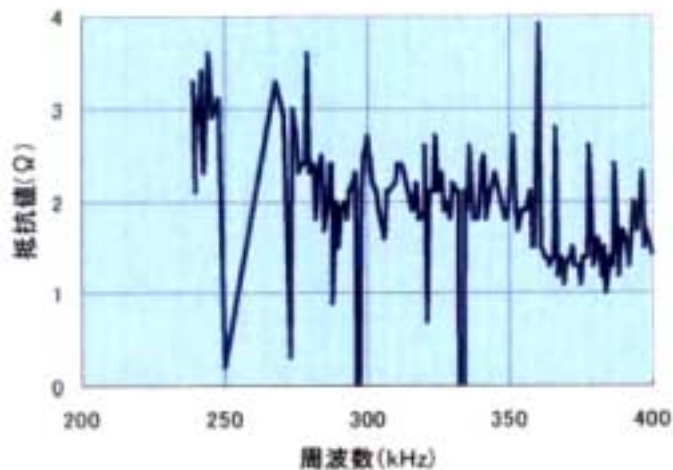
このギャップレスアレスターも耐雷回路と同じ理由で、直接の使用が出来ないため、D G P S送信局用に4-1図を設計・製作した。



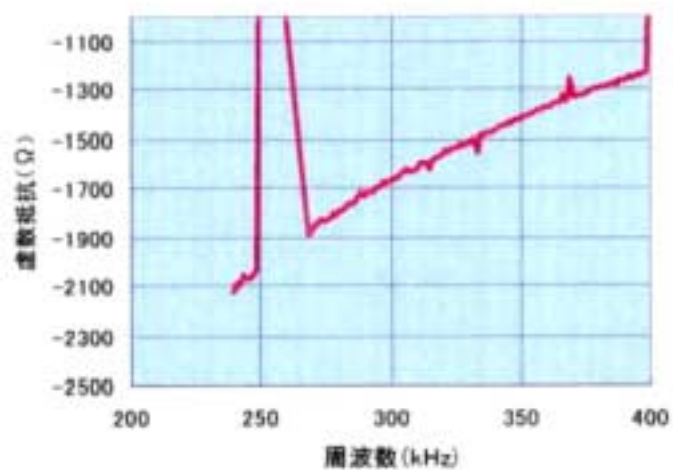
4-1図 ギャップレスアレスター製作図・写真

当所の本館と第二試験棟間に40m T型空中線を仮設し、ギャップレスアレスター回路の挿入前後における空中線常数を測定した。

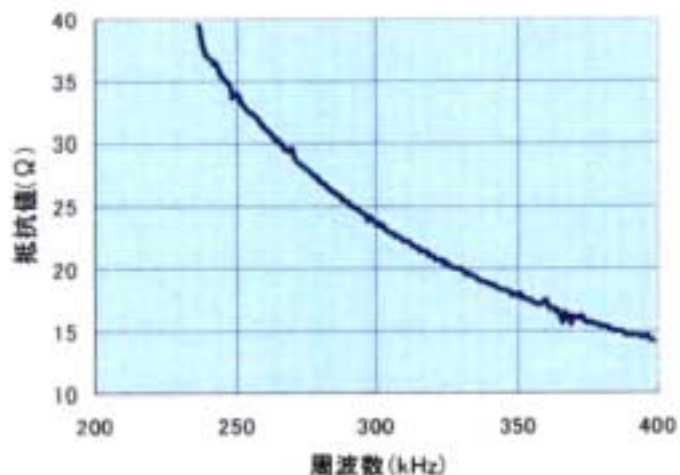
結果は、4-2図（仮設空中線R図）、4-3図（仮設空中線J図）と4-4図（ギャップレスR図）、4-5図（ギャップレスJ図）のとおり、比例関係が成立し、使用可能と判断した。



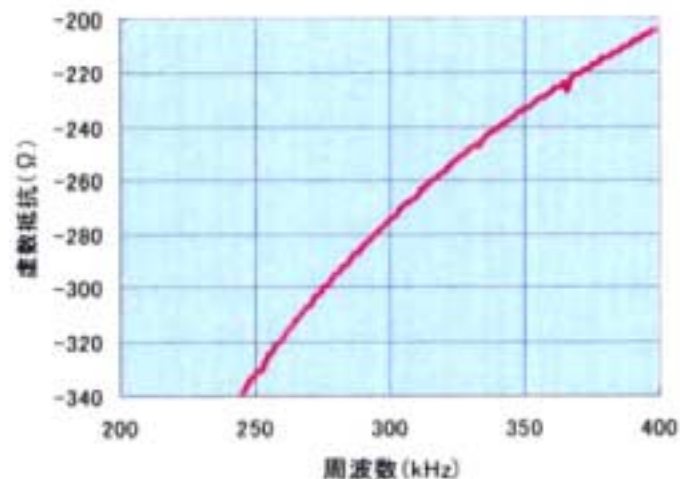
4-2図 仮設空中線R図



4-3図 仮設空中線J図



4-4図 ギャップレスR図



4-5図 ギャップレスJ図



測定状況写真

5 接地回路設計・施工方法マニュアル化

無線局の接地回路設計・施工に関する文献は少なく、総合的なものは皆無である。

このため、施工担当者の技量・経験が結果に如実に反映される。

一方、施工担当者とすれば、短期での移動、接地工事の希少等から、技量を磨く機会が少ない。

また、機器の半導体化で、過去の接地回路（多点接地）は問題され、現在は同電位化を図る上で「一点接地」が推奨されている。

このことから、今回、接地回路の設計から施工までを総合的に取りまとめ、誰が設計・施工しても十分の結果が得られるようにした。

なお、内容については、ページ数の関係から割愛する。

6 成果

本研究結果に基づき、平成11年10月～平成12年3月にかけて、空中線使用全20局に、耐雷回路の設置及び一点接地が施工され、現在まで雷害は生じていない。



室内型耐雷回路（メーカー品）設置状況写真



室外型耐雷回路設置状況写真

むすび

1 活用方策

今回の調査・研究の主題であるD G P S送信局の耐雷対策は平成12年度に全て終了したが、対策の基本及び接地回路の施工方法等は不変であり、他の無線局での活用が望まれる。

参考文献

- (1) N H K技術資料(中波送信局の避雷対策)
- (2) N H K技術資料(中波アンテナ整合回路の設計・調整法)
- (3) 電気学会技術報告(670号)
- (4) 雷対策ハンドブック[株式会社保安体系出版委員会編集]
- (5) 雷その被害と対策[音羽電機工業(株)編集]
- (6) 高電圧現象[大重 力著書]
- (7) 空電[佐尾 和夫著書]
- (8) 避雷器とその適用[電気学会編集]
- (9) 接地工事設計・施工マニュアル[工事技術研究協会編集]

*1 同電位化

雷による事故は、電位差間に流れる電流に起因する。

したがって、落雷で発生した電位（数百万ボルト）に機器は無論のこと、局舎全体を同電位にすれば、機器相互間・局舎-機器間に電流が流れないため、事故は生じない。

*2 電圧協調

雷が流入する部品の許容電力に合わせて、被雷で発生する電圧(電流)を階段状に調整すること。

*3 サージ電圧

雷雲と大地、あるいは雷雲間の雷放電により、架空電線、その他の導体に誘導される衝撃電圧(サージ電圧)

*4 一点接地

落雷で生じた電圧に全ての機器を同電位にするため、各機器及び局舎の配金等、全ての接地極を落雷地点（空中線・避雷針用接地極等）に集約すること。

この施工は、「全接地極」が条件であり、この条件を満たさない場合は、多点接地時の被害より大きくなるため、注意が必要である。

また、導線がループに接続された場合、効果が無くなるため、この点も注意を要する。