

電力中央研究所報告

電力設備で生じる放電現象の広帯域電波特性
劣化した配電用がいしから発生する電波雑音

研究報告：H07010

平成20年 6 月

財団法人 電力中央研究所

R **CRIEPI**



電力設備で生じる放電現象の広帯域電波特性 - 劣化した配電用がいしから発生する電波雑音 -

宮島 清富*¹

キーワード：放射電磁波
配電線
火花放電
不良がいし

Key Words : Radiated electromagnetic wave
Distribution line
Spark discharge
Faulty insulator

Wideband Radiated Electromagnetic Wave Characteristics Generated by Electric Discharge - Radiated Electromagnetic Wave from Faulty Insulator on Distribution Lines -

by Kiyotomi Miyajima

Abstract

Faulty insulators in distribution lines sometimes generate spark discharge. The radiated electromagnetic wave from the spark discharge often influences broadcasting services of radio and television. To clarify the influence of this disturbance wave upon broadcasting service and wireless LAN, the radiated electromagnetic wave from a gap of metal connected part of faulty insulators in 6.6kV full-scale distribution line was measured. Main results are as follows.

1. The frequency spectra of radiated electromagnetic wave near the faulty insulator extend to several GHz.
2. The radiated electromagnetic wave becomes small by leaving from the distribution line.

(Electric Power Engineering Research Laboratory Rep.No.H07010)

(平成 20 年 3 月 27 日 承認)

*¹ 電力技術研究所 高電圧・電磁環境領域 主任研究員

背 景

電力設備では万一の不良時等において火花放電が発生し、広帯域電磁波が放射されることがある。これによる放射妨害の研究はラジオやアナログテレビ、アマチュア無線などの利用周波数の関係から、主に VHF 帯域までであった。しかし、近年 GHz の周波数帯を利用する携帯電話や無線 LAN などのデジタル無線通信が急速に普及しており、また配電線と接近する環境で使用されることも多くなることから、放射電磁波影響の詳細な研究が必要である。

目 的

配電線から発生する放射妨害波の原因として事例の多い⁽¹⁾、接触不良箇所が発生する放射電磁波の特性を、実規模の実験用配電線を用いて明らかにする。

主な成果

1. 接触不良模擬装置の開発

実がいしの金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の周波数は 2.8GHz まで達している（図 1）。この周波数特性を再現性良く発生させるために、がいし金具の接触不良を放電ギャップ、磁器部をキャパシタンスで構成した接触不良模擬装置を開発した（図 2 (a)）。本装置は、実がいしと同様の周波数特性を持つ火花放電を連続して発生できる（図 2 (b)）。

2. がいし金具の接触不良により発生する放射電磁波の特性

上記開発装置と実規模の 6.6kV 実験用配電線（対地電圧 3.8kV）を用い（図 3）、がいし金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の距離依存性を測定した（図 4）。1000M～1700MHz 帯の放射電磁波の電界強度は、配電線からの離隔距離が 1m から 5m になると約 10dB 減衰する。また、2300M～2500MHz 帯の電界強度は、配電線から 5m 以上離れると概ね背景雑音レベルになる。

今後の展開

放射電磁波が無線 LAN などのデジタル無線通信に及ぼす影響を解明する。

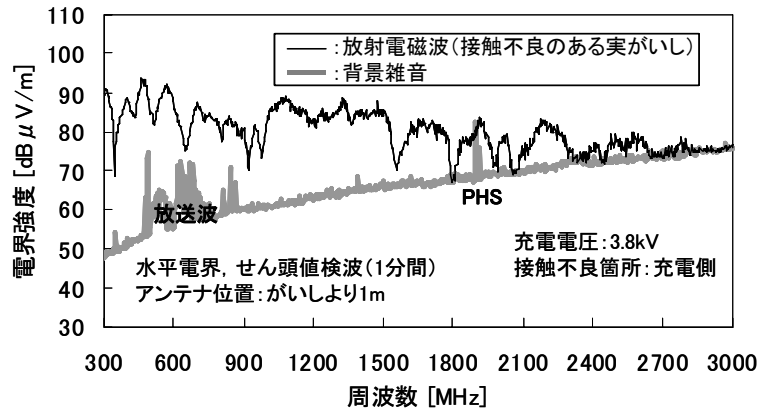


図1 接触不良のある実がいしからの放射電磁波

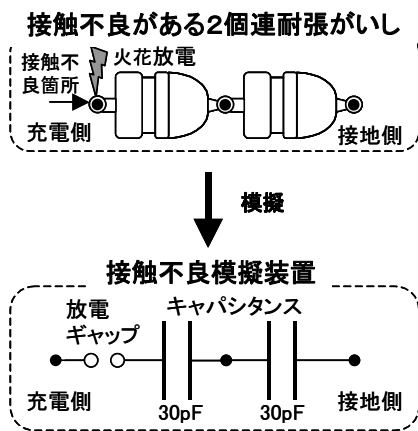


図2 (a) 接触不良模擬装置

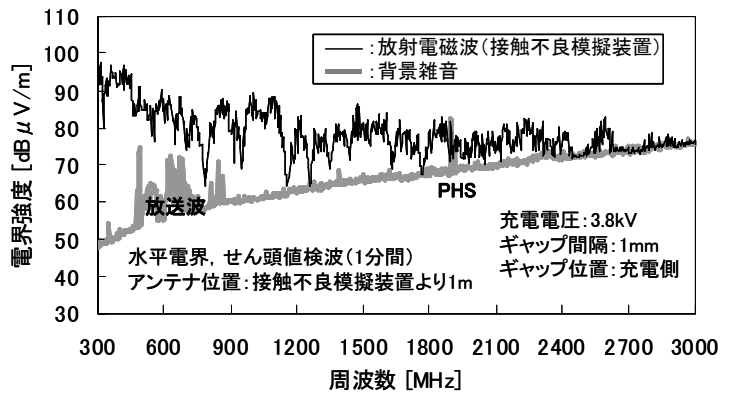


図2 (b) 接触不良模擬装置からの放射電磁波

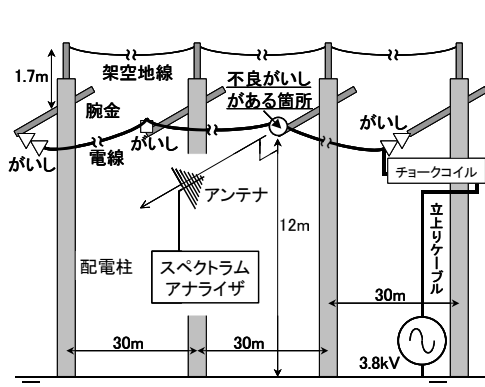


図3 6.6kV 実験用配電線を用いた放射電磁波測定

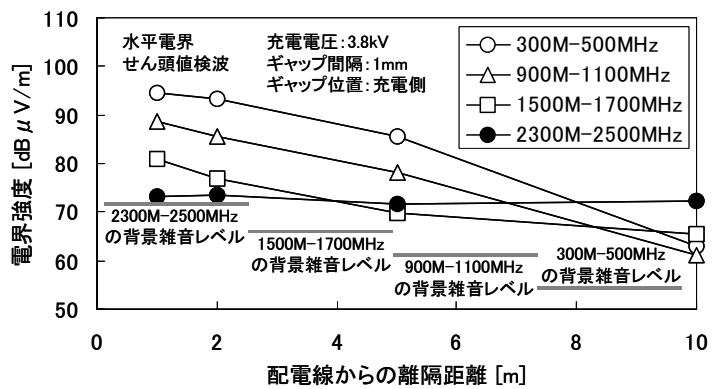


図4 放射電磁波強度の距離依存性 (測定位置: 地上12m)

(1) 参考文献: 「配電線パルス障害と対策」, (財) NHK 放送研修センター, (2007)

目 次

1. はじめに	1
2. がいし金具の接触不良箇所が発生する火花放電の特性	1
2.1 接触不良模擬装置の作製	1
2.2 火花放電の放電電流	2
2.3 火花放電の発生位置と電流の関係	3
3. がいし金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の特性	4
3.1 放射電磁波の周波数特性	4
3.2 放射電磁波の空間分布	6
4. 配電柱周囲の磁束密度	8
5. まとめ	9
6. 今後の課題	9
参考文献	9

1. はじめに

電力設備から発生する放射電磁波が放送などの無線業務に影響を与えることがある⁽¹⁻⁸⁾。

配電線では雷や台風といった自然現象でがいしの磁器部にひびが生じたり、経年劣化や汚損でがいしの絶縁性能が低下したりして、不良でがいしで放電が発生することがある⁽⁶⁻¹⁰⁾。耐張がいしなどの金具の連結部はコッターピンなどの連結用金具で連結されており、電線の振動で空隙（ギャップ）が生じることがある。特に2個連耐張がいしには多くの連結部が存在する。また、がいし金具の腐食や汚損でもギャップが生じることがある⁽⁸⁾。これらががいし金具の不具合は降雨や湿度、風などの自然環境に左右されやすく不安定であり、さらに人間の五感では認識しづらいため、その発見が困難である。

配電線は我々の生活環境に密着した電力設備であり、ここで発生する放電に起因する放射電磁波は、我々の社会生活に大きな障害を及ぼすことがある。例えば、ラジオやテレビの受信障害やアマチュア無線への影響などは事例として多く、これまで主に VHF 帯域までの放射電磁波を取り扱った研究が行われてきた^(5, 6)。

また近年、携帯電話や数 GHz の周波数帯を利用する無線 LAN などのデジタル無線通信機器が急速に普及し、我々の生活に必要なものとなっているが、配電線と近接する環境で使用されるこれら機器に対する放射電磁波の影響は未検討のみである。

そこで、配電線の電波障害原因として事例の多い、がいし金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の特性を、実規模レベルの模擬配電線を用いた実験により明らかにする。

2. がいし金具の接触不良箇所発生する火花放電の特性

配電線では、がいし磁器部の絶縁不良やがいし金具の連結部で接触不良が発生することがあり、これらに起因する火花放電からの放射電磁波がラジオやテレビの受信障害を引き起こすことがある。表 1 に配電線から発生する可能性のある放射電磁波を発生部位ごとに分類して示す⁽¹⁾。配電線から発生する放射電磁波は、耐張がいし2個連の連結箇所など、がいし金具の接触不良に起因するものが多い^(7, 8)。

表 1 不良がいしから発生する放射電磁波

Table 1 Radiated electromagnetic wave from faulty insulators.

発生部位	現象	原因	障害対象
がいしの磁器部	火花放電	絶縁不良(降雨時)	ラジオ テレビ
がいしの連結部	火花放電	接触不良(乾燥時)	ラジオ テレビ
ピンがいしと電線のバインド部	火花放電	絶縁不良(湿潤、漏れ電流での被覆の劣化)	ラジオ テレビ

2.1 接触不良模擬装置の作製

実際の配電線において、がいしの金具の接触不良状態は、周囲の湿度や電線の張力などに左右され、極めて不安定である。接触不良箇所から発生する放射電磁波を安定して発生させるため、2個連耐張がいし金具の接触不良を再現できる接触不良模擬装置を作製した。装置の概略を図 1 に示す。装置の放電ギャップはがいし金具連結部の接触不良を模擬している。がいしの絶縁部は実がいしのインピーダンスの周波数特性を測定し、測定結果より 30pF の平行平板 2 組の直列接続で模擬した。図 1 は実際の配電線における、電線と接続される充電側の金具連結部の接触不良を模擬しており、作製した接触不良模擬装置は放電ギャップの位置や、ギャップ間隔を任意に変更することができる。

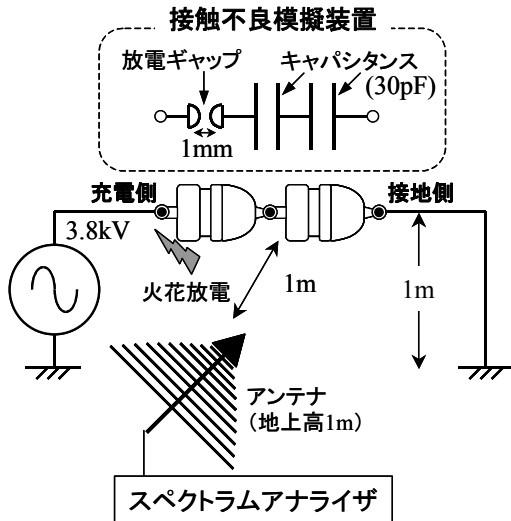
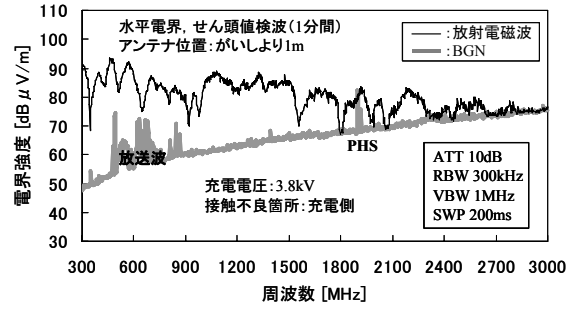


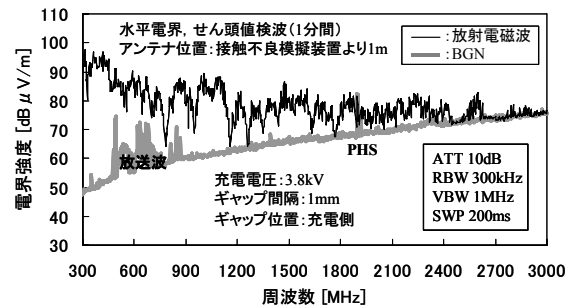
図1 不良がいしの模擬

Fig.1 A simulation model of faulty insulator.

また、図1には接触不良箇所がある実がいしと、接触不良模擬装置から発生する放射電磁波の比較のための測定系も示してある。接触不良箇所を充電側とした実がいしおよび接触不良模擬装置からの放射電磁波を比較するために、これらをそれぞれ地上1mの高さに設置し、3.8kVの充電状態において、1m離れた位置の放射電磁波を測定した。放射電磁波の電界強度はログペリオディックアンテナ(ETS-LINDGREN製:モデル3147)とスペクトラムアナライザ(アドバンテスト製:R3172)を用いて測定した。せん頭値検波1分間の水平電界の測定結果を図2に示す。図2の電界強度はアンテナファクタを考慮し、ケーブルロスを補正した値であり、図中のBGNは背景雑音を示す。図2(a)の実がいし金具の接触不良箇所からの放射電磁波は300MHz～600MHz付近に90dB μ V/mを超える強いレベルのピークがあり、周波数成分は約2.8GHzまで達している。図2(b)の接触不良模擬装置からの放射電磁波も、実がいしと同様の周波数帯および電界強度の放射電磁波が発生していることがわかる。接触不良模擬装置が、実がいし金具の接触不良箇所からの電磁波を大概模擬できていることがわかる。



(a)金具に接触不良がある実がいしからの放射電磁波



(b)接触不良模擬装置からの放射電磁波

図2 放射電磁波の比較

Fig.2 Radiated electromagnetic wave comparison of real faulty insulator and simulated faulty insulator.

また、接触不良箇所が、がいしとがいしの連結部や接地側にある場合も、両者から発生する放射電磁波は、水平・垂直電界ともに同様の特性であり、火花放電の電流も同じ傾向を示した。

2.2 火花放電の放電電流

配電線から発生する火花放電の特徴を明らかにするため、図3に示す実規模配電線を用い、火花放電の電流を測定した。実験回路は6.6kV配電線3スパンとし、1相対地電圧3.8kV(6.6kV/ $\sqrt{3}$)を充電する。金具の接触不良が1号柱のがいしに存在することを想定し、接触不良模擬装置を1号柱に設置した。火花放電は充電側であるa点の放電ギャップで発生する。

b点に流れる放電電流の測定結果を図4に示

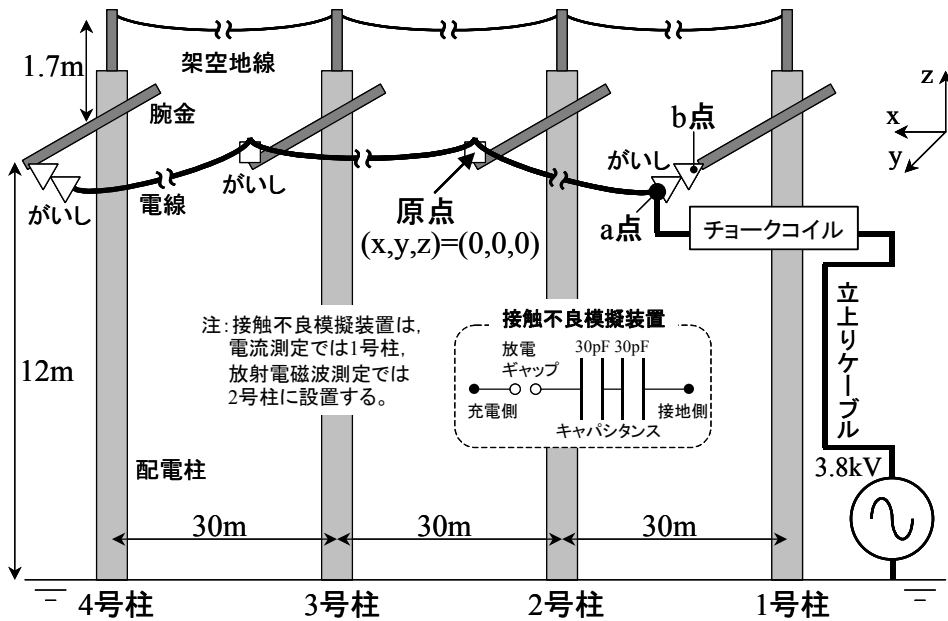


図3 実規模配電線実験回路図

Fig. 3 Experimental circuit of distribution lines.

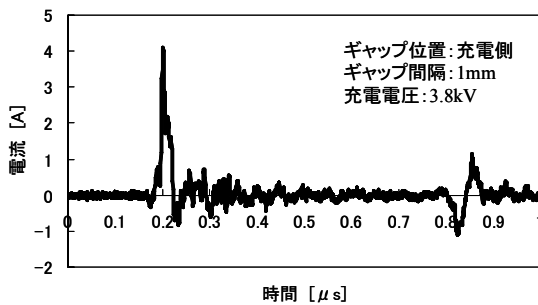


図4 火花放電の電流波形

Fig.4 A current waveform of spark discharge.

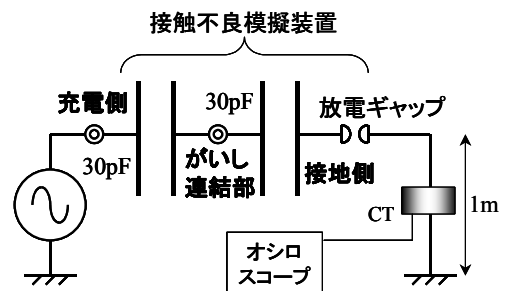


図5 火花放電電流測定回路

Fig.5 Measurement setup of current.

す。電流測定は電流センサ（ピアソンCT，モデル2877，周波数帯域300～200MHz）とデジタルオシロスコープ（レクロイ製：WR104Xi，周波数帯域1GHz）を用いた。火花放電は電源周波数1サイクルに数回発生する様子であり，波高値にして3～4Aの急峻なインパルス状の電流が流れる。図4では約0.6μ秒後（往復距離180m）に4号柱からの反射波も測定されている。

2.3 火花放電の発生位置と電流の関係

2個連耐張がいしにおける火花放電の発生箇

所と電流の関係を明らかにするため，図5の回路を用い放電電流を測定した。測定装置は2.2節と同様であり，実験は放電ギャップの位置やギャップ間隔，充電電圧を変化させた。図5は接地側に放電ギャップがある場合を示す。

測定結果の1例を図6に示す。図6は電源周波数3サイクルの間の測定結果であり，正極性と負極性のインパルス状の電流が発生する。極性の変化は電源電圧の時間変化に伴う放電ギャップ間電圧の極性変化によるものである。

10サイクルの間に発生する火花放電の発生回数を図7に示す。充電電圧とギャップ間隔が

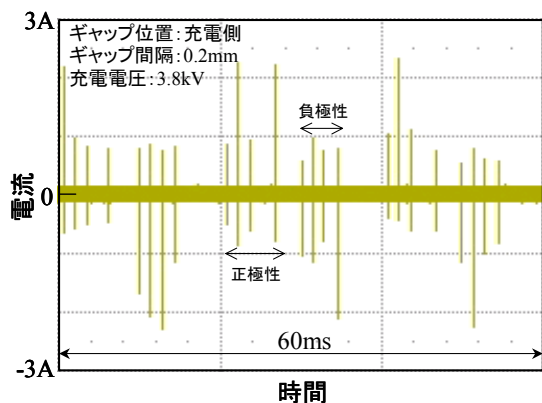


図 6 火花放電電流波形

Fig.6 A current waveform of spark discharges.

同条件の場合、放電ギャップが充電側にある場合の火花放電発生回数が最も多く、接地側の場合が最も少ない。これはがいしおよび放電が発生していない時の放電ギャップで分担する電圧に差があるためと考えられる。また、放電ギャップ位置が同条件の場合、充電電圧が高くなるほど、ギャップ間隔が短くなるほど、放電発生回数は多くなる。

次に火花放電電流の頻度分布を図 8 に示す。これは図 7 の条件ごとの正極性放電連続 1000 回、負極性放電連続 1000 回の電流波高値の絶対値についてのものである。充電電圧とギャップ間隔が同条件の場合、放電ギャップが充電側にある場合の火花放電電流の波高値は低い傾向にある。反対に放電ギャップが接地側の場合には波高値が高く、ばらつきは少ない。また、放電ギャップ位置が同条件の場合、充電電圧が高くなるほど波高値のばらつきが少なくなり、ギャップ間隔が短くなるほど、波高値は低くなる。放電ギャップの位置と放電電流などの諸特性の関係については、今後、分担電圧や漂遊容量の測定などを実施して明らかにする必要がある。

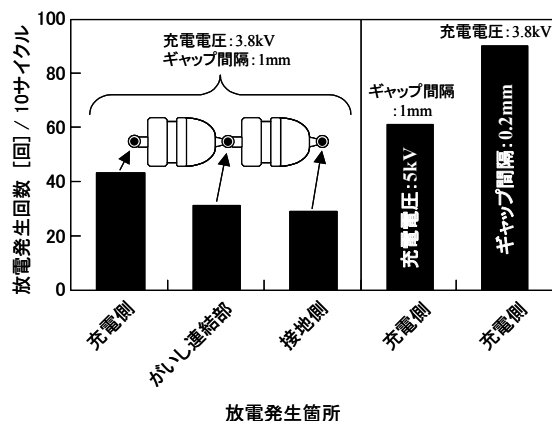


図 7 火花放電の発生回数

Fig.7 Frequency of spark discharges.

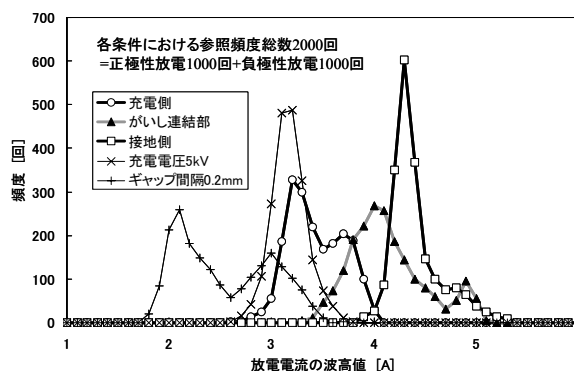


図 8 火花放電電流波高値の頻度分布

Fig.8 Frequency distribution of the peak value of spark discharge current.

3. がいし金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の特性

これまで不良がいしから発生する放射電磁波の研究は、VHF 帯に着目した実設備における実態把握^(5, 6)や波源探査^(7, 8, 11, 12)を目的として行われてきたが、携帯電話や無線 LAN を対象とした GHz 帯域の検討は行われていない。

3.1 放射電磁波の周波数特性

がいし金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波の特徴を実験的に明らかにするため、図

3に示した実規模配電線と接触不良模擬装置を用い、配電線周辺の電界強度を測定した。接触不良模擬装置は2号柱の原点に取り付けた。電界強度はログペリオディックアンテナ(ETS-LINDGREN製:モデル3147)とスペクトラムアナライザ(アドバンテスト製:R3172)を用い、水平(X軸方向)・垂直(Z軸方向)電界を測定した。放射電磁波の測定風景を図9に示す。

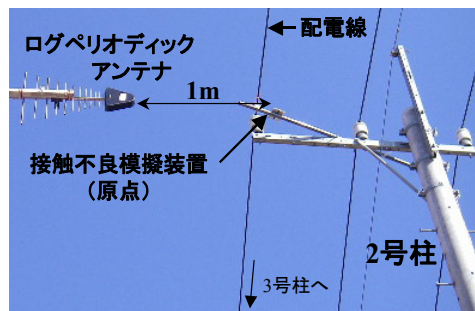


図9 放射電磁波測定写真

Fig.9 A photo of radiated electromagnetic wave measurement.

放電ギャップが充電側にある場合の放射電磁波の周波数特性を図10に示す。アンテナの設置位置は接触不良模擬装置の取り付け箇所である原点からy軸正方向に1m移動した点(0, 1, 0)であり、アンテナは接触不良模擬装置からの放射電磁波を直接受信できる方向に向いている。

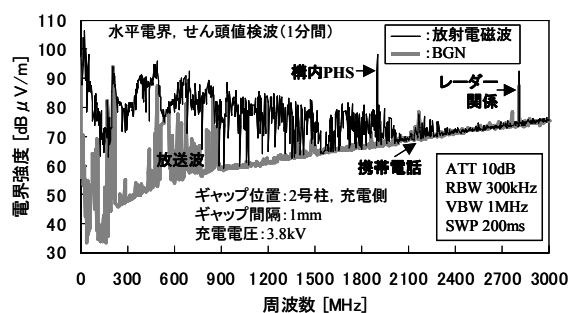
図10の周波数特性はアンテナファクタを考慮し、かつケーブルロスを補正した値であるが、アンテナの性能上、0~200MHzは参考値である。

図10は配電線を充電していない状態の背景雑音(図中のBGN)と、充電して火花放電が発生している状態(図中の放射電磁波)を示しており、両者はせん頭値検波1分間の測定結果である。ちなみに、平均値検波による放射電磁波の測定結果はBGNレベルであった。これは火花放電の発生頻度が低いためである。

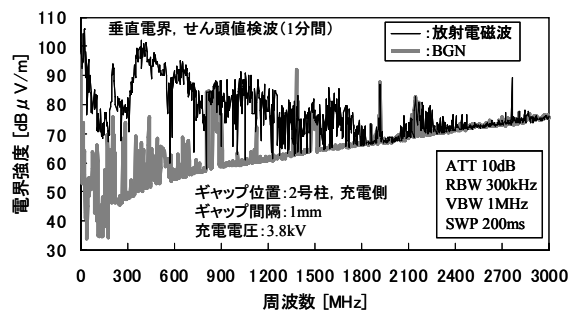
図10より、放射電磁波には300M~500MHz付近に100dB μ V/mに達する強いレベルのピークがあり、その最高周波数は約2.5GHzまで達することがわかる。

次に、放電ギャップががいし連結部にある場合を図11、接地側にある場合を図12に示す。測定条件は図10と同様である。図11の水平電界では、放射電磁波が2.8GHz付近まで達することがわかる。図10~12より、電界強度レベルや周波数成分に多少の差はあるものの、放電ギャップ位置による放射電磁波の周波数スペクトルに顕著な差はない。

また、放電ギャップを2号柱の充電側に取り付け、充電電圧を5kVとした場合の放射電磁波



(a)水平電界

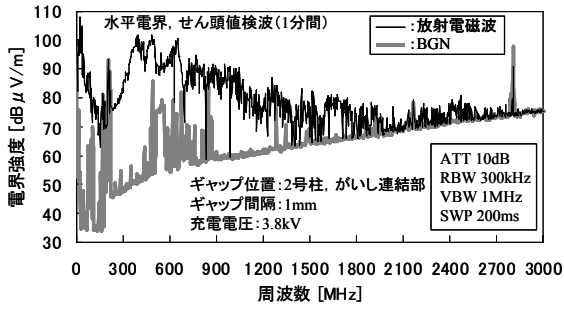


(b)垂直電界

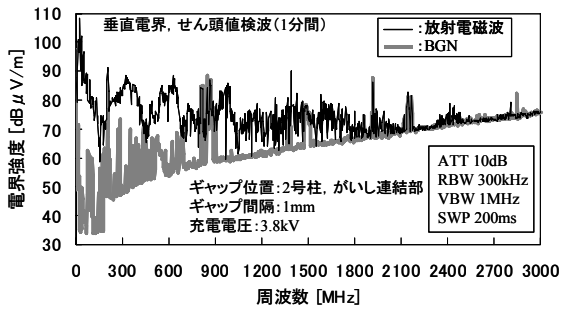
図10 放射電磁波の周波数特性
(放電ギャップ: 充電側)

Fig.10 Frequency characteristics of radiated electromagnetic wave.

(Discharging gap : Charge side)



(a)水平電界



(b)垂直電界

図 11 放射電磁波の周波数特性
(放電ギャップ: がいし連結部)

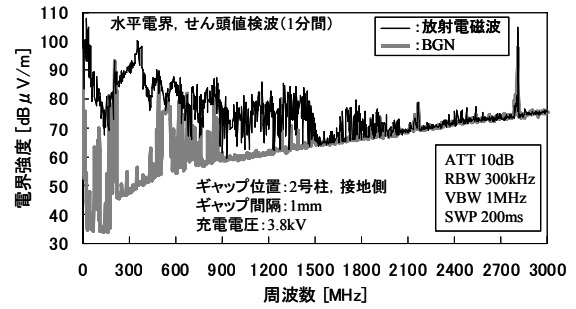
Fig.11 Frequency characteristics of radiated
electromagnetic wave.

(Discharging gap : Middle of insulators)

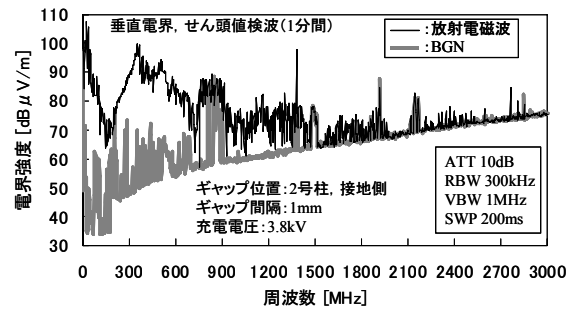
の垂直電界を図 1 3, ギャップ間隔が 0.2mm, 充電電圧 3.8kV の場合を図 1 4 に示す。これらの場合も放射電磁波の周波数スペクトルに顕著な差はない。

3. 2 放射電磁波の空間分布

3.1 節において接触不良模擬装置近傍の放射電磁波の周波数特性を明らかにした。次に、配電線周辺における放射電磁波の電界強度分布を明らかにするため、放射電磁波の電界強度の距離特性および電線、配電柱近傍の分布を明らかにする。距離特性の測定においては、放射電磁波の水平・垂直電界について、前節同様にピークが現れる 300M~500MHz および 900M~1100MHz,



(a)水平電界



(b)垂直電界

図 12 放射電磁波の周波数特性
(放電ギャップ: 接地側)

Fig.12 Frequency characteristics of radiated
electromagnetic wave.

(Discharging gap : Earth side)

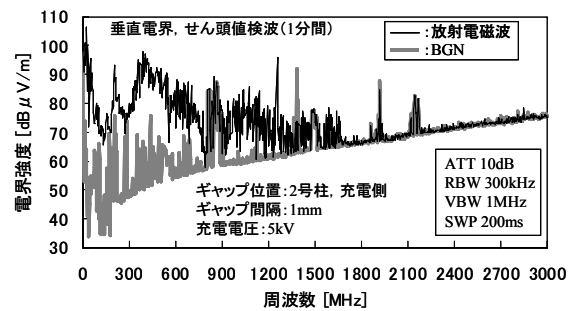


図 13 放射電磁波の周波数特性
(充電電圧: 5kV)

Fig.13 Frequency characteristics of radiated
electromagnetic wave.

(Applied voltage : 5kV)

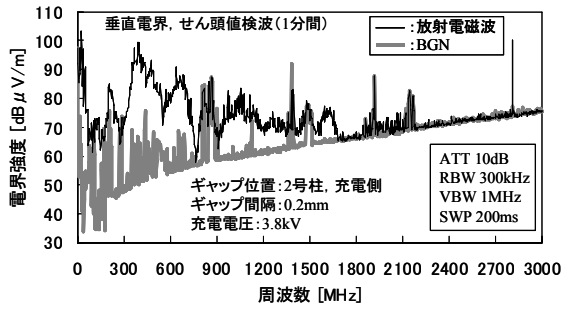


図 14 放射電磁波の周波数特性
(ギャップ間隔 : 0.2mm)

Fig.14 Frequency characteristics of radiated electromagnetic wave.
(Gap length : 0.2mm)

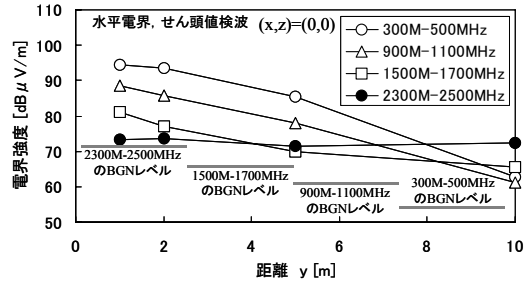
1500M~1700MHz, 2300M~2500MHz の周波数帯において電界強度が最大かつ BGN レベルが低い (放送や無線などが使用していない) 周波数を選定したうえで測定した1分間のせん頭値検波を用いた。接触不良模擬装置は2号柱, 放電ギャップを充電側にギャップ間隔1mmで取り付け, 充電電圧3.8kVで実験条件を統一した。

(1) y 軸方向の分布

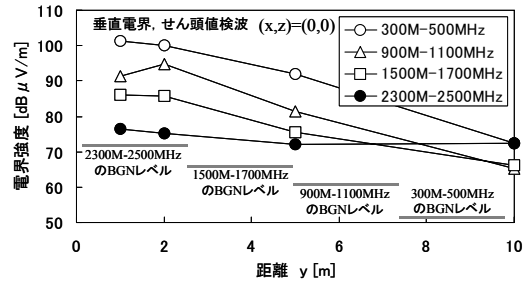
接触不良模擬装置の高さの水平面内で, 電線に対して直角方向に距離をとった場合の電界強度分布を図15に示す。接触不良模擬装置から離れるに従い, 電界強度は減衰する。接触不良模擬装置から10m離れても300M~500MHzの帯域の電界強度はBGNより10dB以上高いが, その他の周波数帯ではBGNレベルと大差なかった。2300M~2500MHzの帯域の電界強度は接触不良模擬装置近傍以外はBGNレベルと同等である。

(2) x 軸方向の分布

次に, 接触不良模擬装置から電線と平行で3号柱に向かってアンテナを移動して電界強度分布を測定した。結果を図16に示す。アンテナは電線からの放射電磁波を最大感度で受信できる方向に向けた。例えば垂直電界の場合, アンテナは図9に示す状態から3号柱に向かって電線と平行に移動させた。接触不良模擬装置から

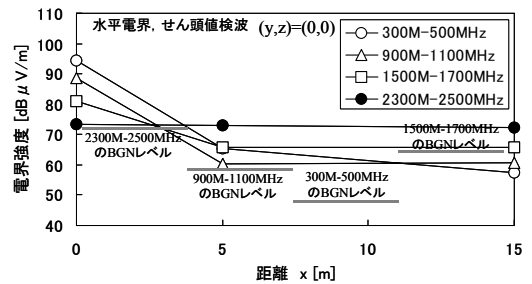


(a)水平電界

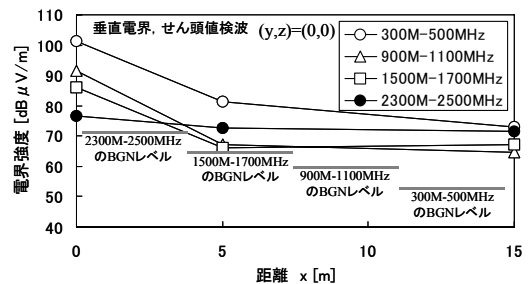


(b)垂直電界

図 15 放射電磁波の距離特性 $(x,y,z)=(0,y,0)$
Fig.15 Distance characteristics of radiated electromagnetic wave, $(x,y,z)=(0,y,0)$.



(a)水平電界



(b)垂直電界

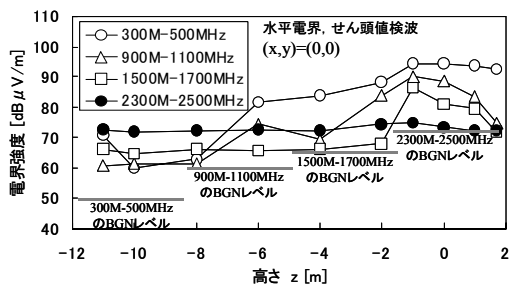
図 16 放射電磁波の線路方向特性
 $(x,y,z)=(x,0,0)$

Fig.16 Distribution characteristics of radiated electromagnetic wave, $(x,y,z)=(x,0,0)$.

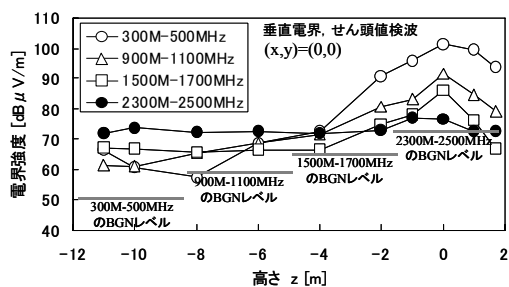
5m以上離れると300M~500MHzの帯域以外の水平電界は減衰し、BGNレベルと同程度になる。垂直電界も水平電界同様に距離減衰が大きい。

(3) z軸方向の分布

最後に、アンテナを2号柱の接触不良模擬装置から水平(y軸正方向)に1m離れた点から地面に鉛直方向に移動した場合の電界強度分布を測定した。結果を図17に示す。アンテナは2号柱からの放射電磁波を最大感度で受信できる方向に向けた。例えば垂直電界の場合、アンテナは図9に示す状態から地面に向かって2号柱と平行に移動させた。接触不良模擬装置から離れるに従い、電界強度は減衰する。しかし、地表近くでも300M~500MHzの帯域の電界強度はBGNより10dB以上高い。



(a)水平電界



(b)垂直電界

図17 放射電磁波の鉛直方向特性

(x,y,z)=(0,0,z)

Fig.17 Distribution characteristics of radiated electromagnetic wave, (x,y,z)=(0,0,z).

4. 配電柱周囲の磁束密度

がいし金具の接触不良箇所が発生する火花放電は急峻なインパルス状の繰り返しパルスであり、放電電流は充電部では配電線の電線、接地部では架空地線や接地引下線、配電柱などを伝搬すると考えられる。

配電柱に流れる電流を明らかにするため、接触不良模擬装置を2号柱、放電ギャップを充電側にギャップ間隔1mmで取り付け、充電電圧3.8kVの条件で、2号柱および3号柱から1m離れた位置の電線方向の磁束密度を測定する。磁束密度は面積0.1m²の1重巻きループコイルに発生する誘導起電力から算出し、ループコイルは配電柱を流れる電流による磁束密度のみに鎖交するように配置する。

地上2mの位置における磁束密度の測定結果を図18に示す。接触不良模擬装置を取り付けた2号柱周囲の磁束密度は隣柱である3号柱よりも高い。火花放電の電流は接触不良模擬装置から腕金を通過し、配電柱および接地引下線、また架空地線を介して隣柱に分流すると考えられる。

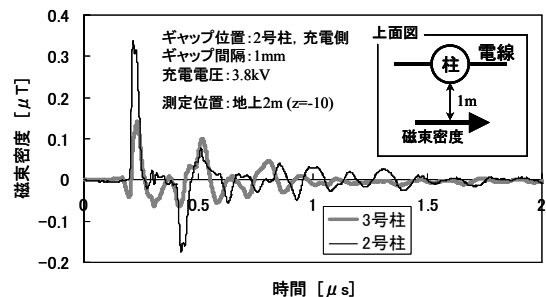


図18 磁束密度波形

Fig.18 Magnetic field density waveforms.

5. まとめ

配電線から発生する放射電磁波の原因として事例の多い、2個連耐張がいし金具の連結部に接触不良が生じた状態を対象に、金具に接触不良がある実がいしを、放電ギャップと平行平板で模擬し（接触不良模擬装置）、接触不良箇所が発生する火花放電の電流と放射電磁波の特性を、実規模配電線設備を用いた実測により明らかにした。主な結果を以下に示す。

1. 配電用がいしの金具の接触不良箇所から発生する放射電磁波は、がいしからの距離1mの位置において、300M～600MHz付近に90dB μ V/m（せん頭値検波）を超える強いレベルのピークがあり、周波数成分は約2.8GHzまで達する。
2. 金具に接触不良がある実際の2個連耐張がいしと同様の放射電磁波の特性を持つ接触不良模擬装置を作製した。金具の接触不良箇所は放電ギャップ、がいしの磁器部は同じキャパシタンス成分を持つ平行平板で模擬することができる。
3. がいし金具の接触不良箇所には火花放電が間欠的に繰り返し発生する。火花放電の発生頻度は、放電発生位置が充電側であるほど、またギャップ間隔が短いほど高い。
4. 火花放電の電流は電線のみならず配電柱にも流れ、さらに隣柱にも分流する。火花放電が発生しているがいしのある配電線に流れる電流は、隣柱に流れる電流よりも大きい。
5. 配電線にあるがいし金具の接触不良箇所からの放射電磁波は距離減衰するが、300M～500MHzの帯域の電界強度は接触不良模擬装置から10m離れても背景雑音より10dB以上高い。
6. がいし金具の接触不良がある配電柱の近傍では、地表近くでも300M～500MHzの帯

域の電界強度は背景雑音より10dB以上高い。

6. 今後の課題

電力設備における接触不良が原因で生じる火花放電に起因する放射電磁波が、実際のテレビなどの放送や無線LANに及ぼす影響を定量的に明らかにする。また、金具連結部の接触不良以外のがいしの不具合で発生する放電現象や放射電磁波の特性を明らかにし、配電柱に流れる電流の測定を通して、現場で活用できる不良がいし検出法や、放射電磁波の影響度合推定ツールなどを開発する。

参考文献

- (1) 田辺，河本，須永，熊谷，竹下，出口，福島：「架空送電線の電気環境設計ハンドブック」，電中研総合報告：T74，（2003）
- (2) 富田：「系統連系用インバータからの妨害波」，電中研研究報告 T95078，（1996）
- (3) 富田：「系統連系用インバータからの妨害波（その2）」，電中研研究報告 T96064，（1997）
- (4) Gerhard W. Juette, “Evaluation of Television Interference from High-Voltage Transmission Lines”, IEEE Trans., Vol. PAS-91, No. 3, 1972.
- (5) 送配電線電波障害調査特別委員会，「送配電線から発生する障害波とその対策」，電気学会雑誌 76 巻 816 号，pp.1093-1121（1956）
- (6) 高須，木村，増田：「配電線支持物より発生する妨害電波」，電気学会雑誌 82 巻 891 号，pp.1928-1937（1962）
- (7) 熊澤，星野，藤井，前川：「放射電磁波位相検出による気中部分放電位置標定」，電

- 学論 B, 126 卷 6 号, pp. 627-634, (2006)
- (8) 元 (財) NHK 放送研修センター中嶋:「配電線パルス障害と対策」, (財) NHK 放送研修センター, (2007)
- (9) 福島:「超音波による不良がいし検出法の研究 (II)」, 技研報告: 70103, (1971)
- (10) 「雷と高度情報化社会」, 社団法人電気設備学会, (1999)
- (11) 川田:「VHF-UHF 帯電波干渉計システムによる部分放電源特定のための基礎研究」, 電学論 B, 122 卷 5 号, pp. 629-636, (2002)
- (12) 石丸, 川田:「ベイジアンネットによる部分放電放射電磁波の方位角推定法に関する基礎研究」, 電学論 B, 125 卷 2 号, pp. 177-183, (2005)

電力中央研究所報告

[不許複製]

編集・発行人

財団法人 電力中央研究所
電力技術研究所



神奈川県横須賀市長坂 2-6-1
電話 046 (856) 2121 (代)

e-mail eperl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

発行所

財団法人 電力中央研究所
東京都千代田区大手町 1-6-1
電話 03 (3201) 6601 (代)

印刷所

株式会社 ユウワビジネス
東京都千代田区神田須田町 1-1
電話 03 (3258) 9380

ISBN978-4-86216-714-9

