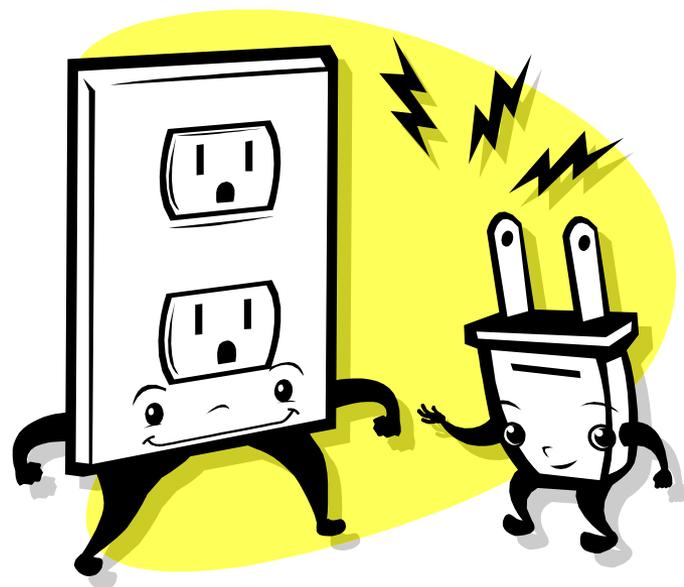


高速電力線搬送通信設備作業班(第16回)資料

各種追加実測



2018年12月26日

高速電力線通信推進協議会(PLC-J)

測定項目	測定機材	掲載ページ
壁による減衰特性	ループアンテナ、 スペクトルアナライザ (p.4参照)	p.12～
変圧器による減衰特性	ネットワークアナライザ (p.10参照)	p.16～
分電盤による減衰特性	ネットワークアナライザ (p.10参照)	p.20～
地下埋設線からの輻射	ループアンテナ、 スペクトルアナライザ (p.4参照)	p.26～
水中線からの輻射	ループアンテナ、 スペクトルアナライザ (p.4参照)	p.37～

測定条件・使用機材など（各施設共通）

使用機材（ループアンテナによる等価放射電界強度の測定）

■ 使用機器一覧

機器名	品番	メーカー	備考
PLCモデム	TH-PLC-ACIM	東朋テクノロジー	屋内用パワー
PLCモデム	TH-PLC-ACOM	東朋テクノロジー	屋外用パワー
スペクトラムアナライザ	N9340B	Keysight Technologies	校正実施日：2018年1月15日 校正機関：パナソニックSNIバリュエーションテクノロジー株式会社
ループアンテナ	6502	ETS・LINDGREN	周波数レンジ：10k～30MHz 校正実施日：2017年12月9日 校正機関：パナソニックSNIバリュエーションテクノロジー株式会社
ハイパスフィルタ	HPF2050	ApexRadio	カットオフ周波数：1850kHz
ローパスフィルタ	CF-30MR	COMET	カットオフ周波数：32MHz
PC	CF-NX3	Panasonic	データ通信用（2台）

資料中、「PLCモデム①、PLCモデム②、」等の省略表記として、「PLC①、PLC②、」を使用する。

■ データ通信の設定

- 通信プロトコル：UDP
- 送信モード：バースト送信
- 通信速度：ベストエフォート
- 使用ツール：Nettest



PLCモデムは三相線のRS相に接続

使用機材 (ループアンテナによる等価放射電界強度の測定)

■ 帯域外外来信号除去のためのフィルタとその特性



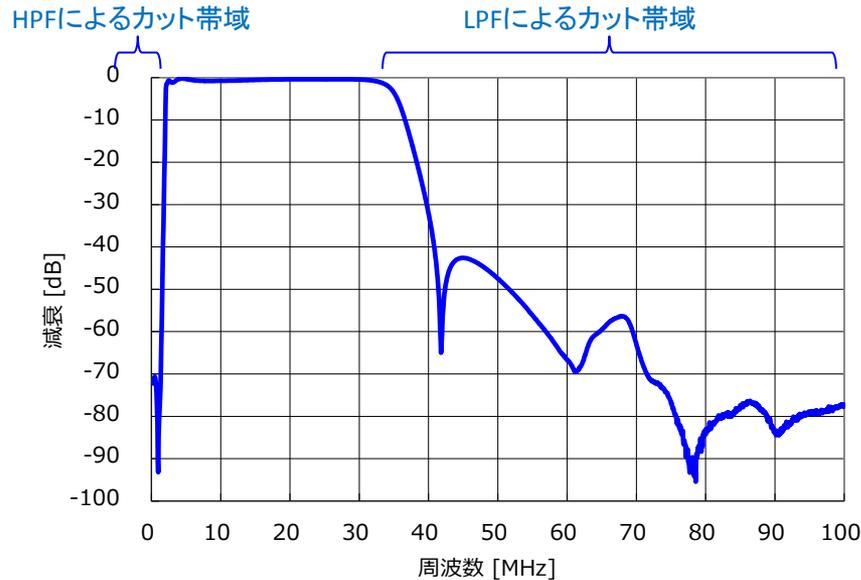
使用するHPF

(ApexRadio社製 HPF2050 : Cut Off Freq = 1850kHz)



使用するLPF

(COMET社製 CF-30MR : Cut Off Freq = 32MHz)



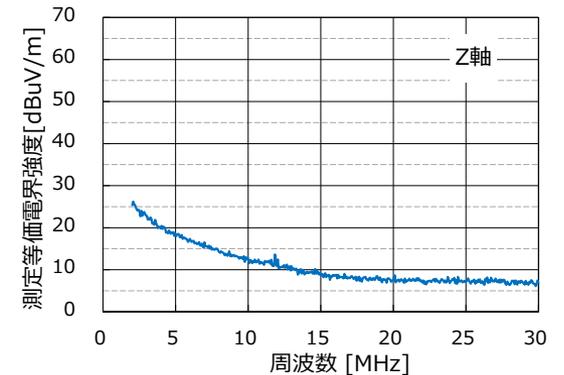
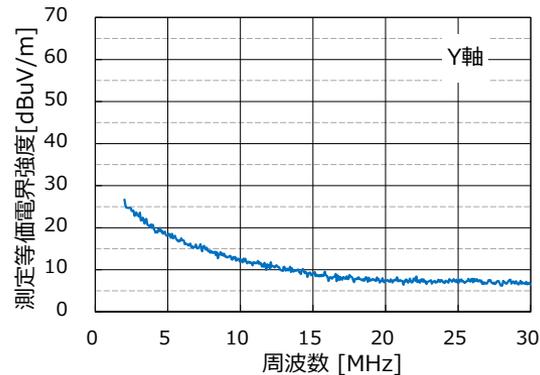
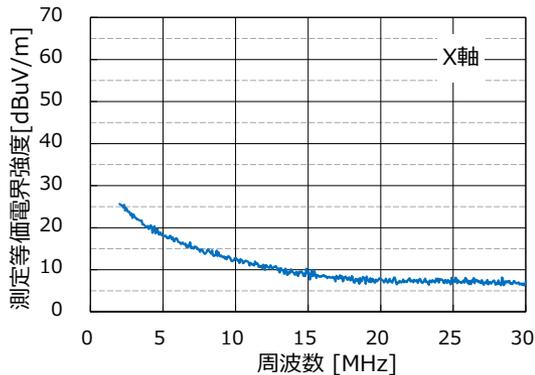
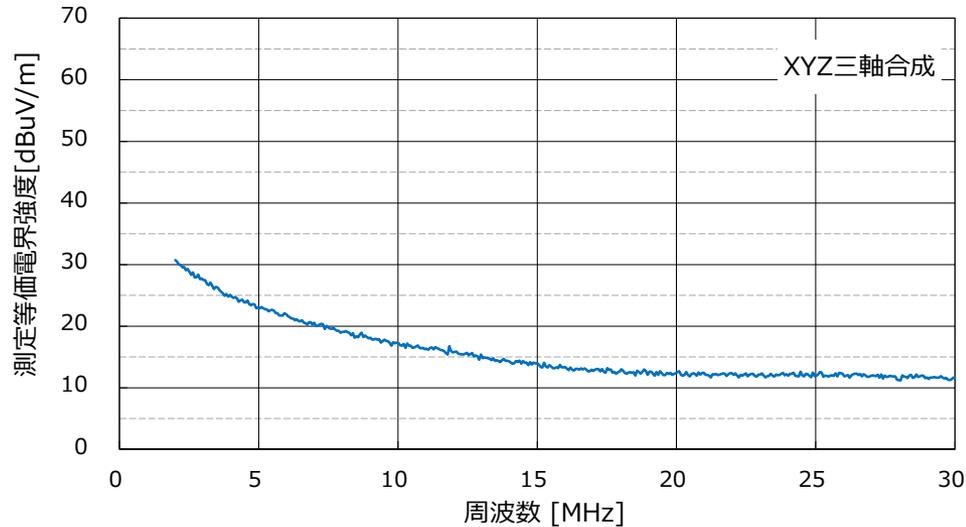
HPF+LPF合成特性確認結果

使用機材（ループアンテナによる等価放射電界強度の測定）

■ 測定系のノイズフロア

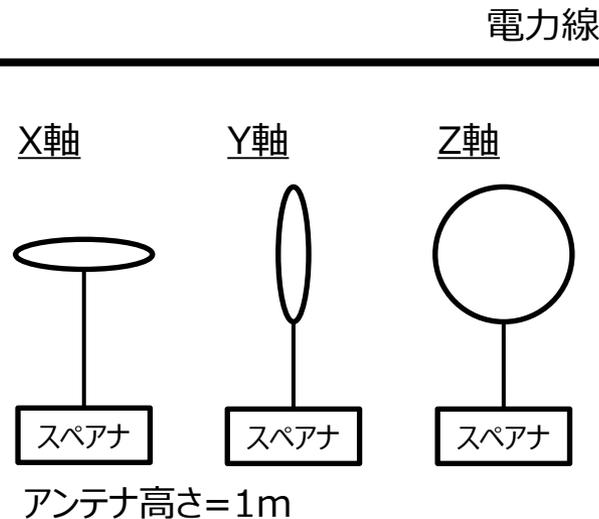
測定条件

- ・測定系全体を、電波暗室に收容する。
- ・通常の輻射測定と同様の機材接続をする。（ループアンテナ→LPF→HPF→スピーカの接続）
- ・通常の輻射測定と同様のスピーカ設定をする（プリアンプ=0n）
- ・電波暗室内では照明など他機器の電源は切る。 ・ループアンテナの電源もONにする。



測定条件（ループアンテナによる等価放射電界強度の測定）

■ ループアンテナ配置（上面図）



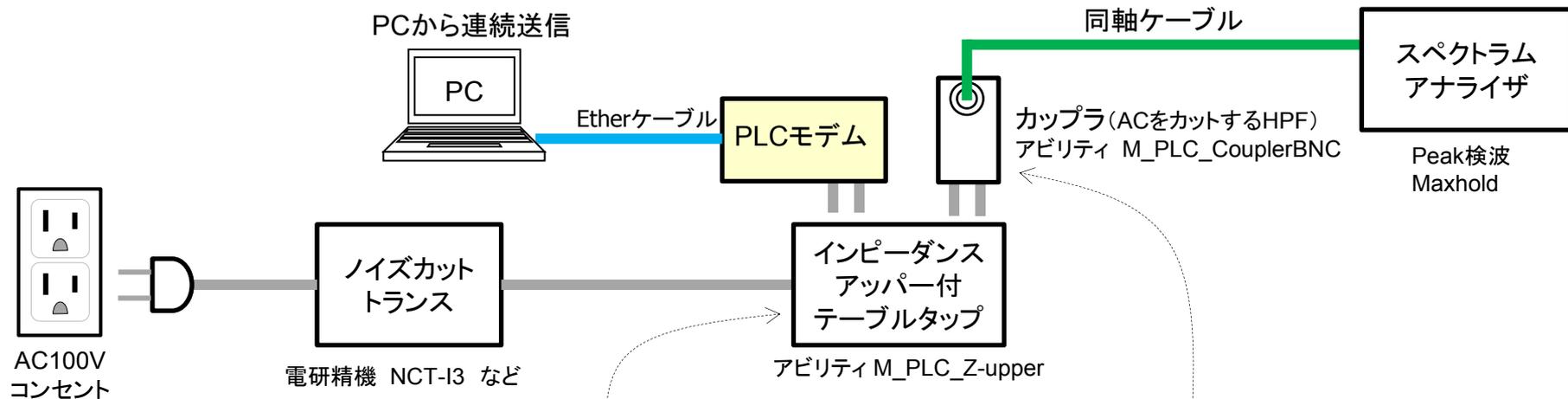
■ 具体測定方法

- 1) PLCモデムOFF状態において、環境電界強度の測定を実施し、環境雑音のレベルを把握しておく。
- 2) PLCモデムON状態においてPLCの漏洩電界強度の測定を実施し、PLCモデムOFF時との比較を行う。

測定値は、磁界強度に空間の特性インピーダンスを乗じた等価電界強度で表示する。

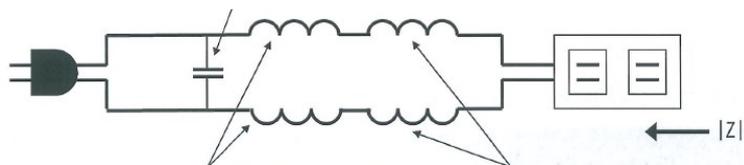
- ・アンテナ地上高（ループアンテナの下端）は、1mとする。
- ・アンテナは、図2のようにX軸、Y軸、Z軸の3方向とし、それぞれの値および合成電界強度 $\sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$ を記録する。
- ・測定周波数1～30 MHz
- ・スペクトルアナライザ設定
 - RBW=10 kHz,
 - VBW=100kHz,
 - PreAMP=On
 - Span=29MHz,
 - Center Freq.=15.5MHz,
 - Point=461ポイント,
 - Sweep=Auto
 - RMSモードで20回アベレージング

PLCモデムの出力PSD測定系図



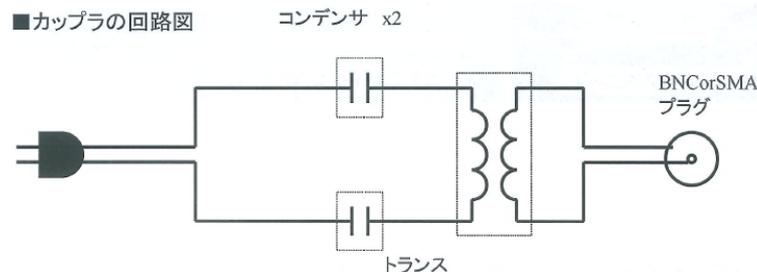
品番:M_PLC_Z-upper

■インピーダンスアッパの回路図



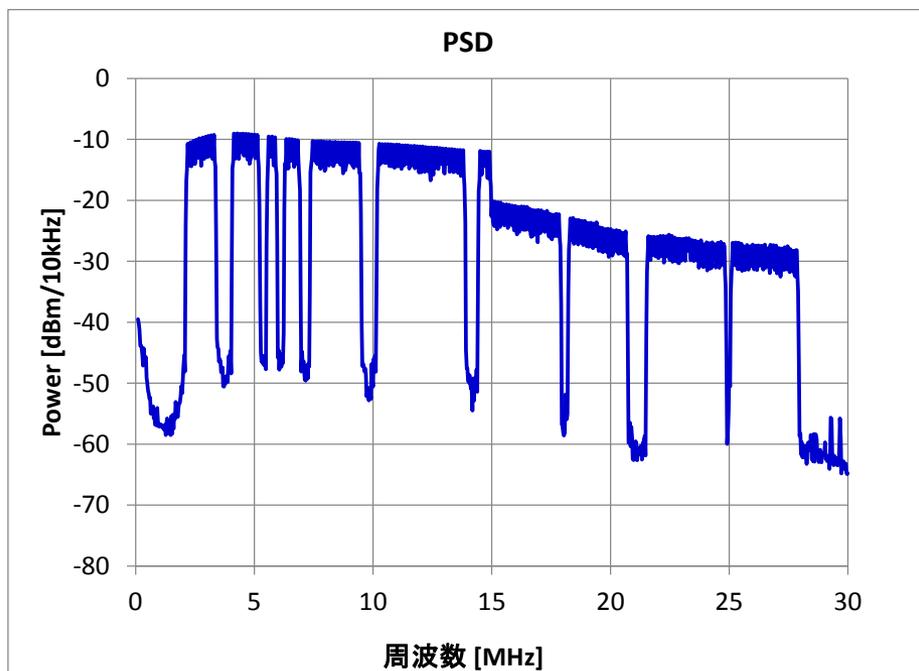
品番:M PLC CouplerBNC

■カップラの回路図



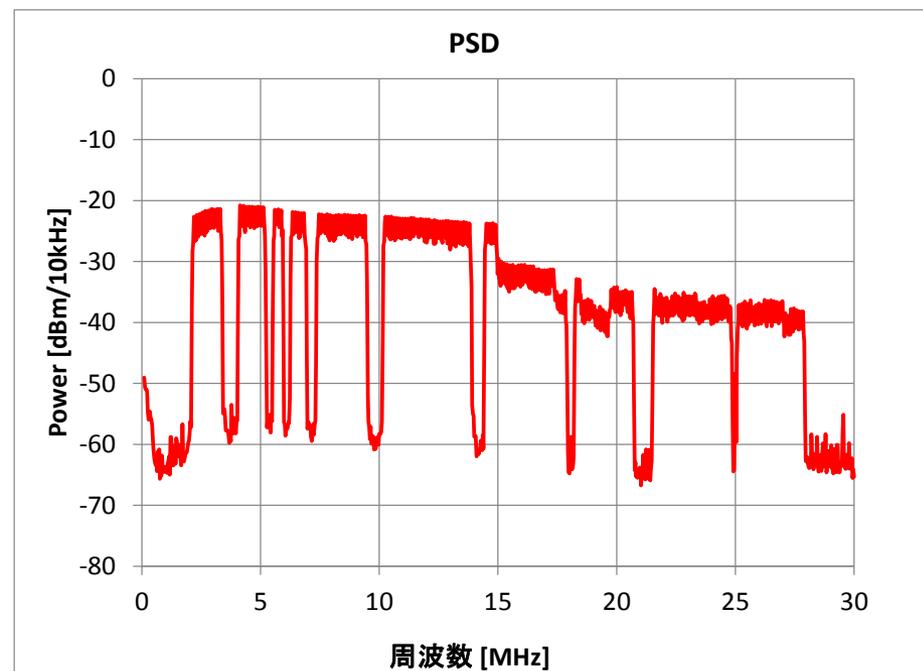
PLCモデム出力PSD(屋内用/屋外用)

屋内パワー



東朋テクノロジー TH-PLC-ACIM

屋外パワー



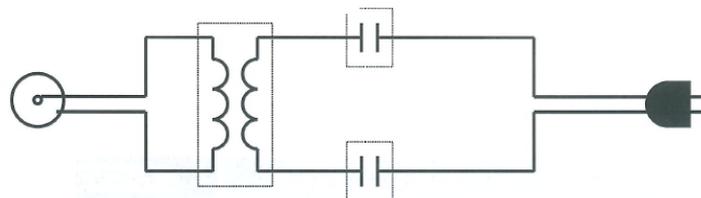
東朋テクノロジー TH-PLC-ACom

使用機材(ネットワークアナライザによる減衰特性/伝送特性測定)

■ 使用機器一覧

機器名	型番	製造番号	メーカー	校正実施日	校正有効期限
ネットワークアナライザ	N9923A	MY52412280	Keysight Technologies	2018年8月21日	2019年8月21日
カップラー	M_PLC_CouplerBNC	—	アビリティ	—	—

M_PLC_couplerBNC
(ACをカットするHPF)

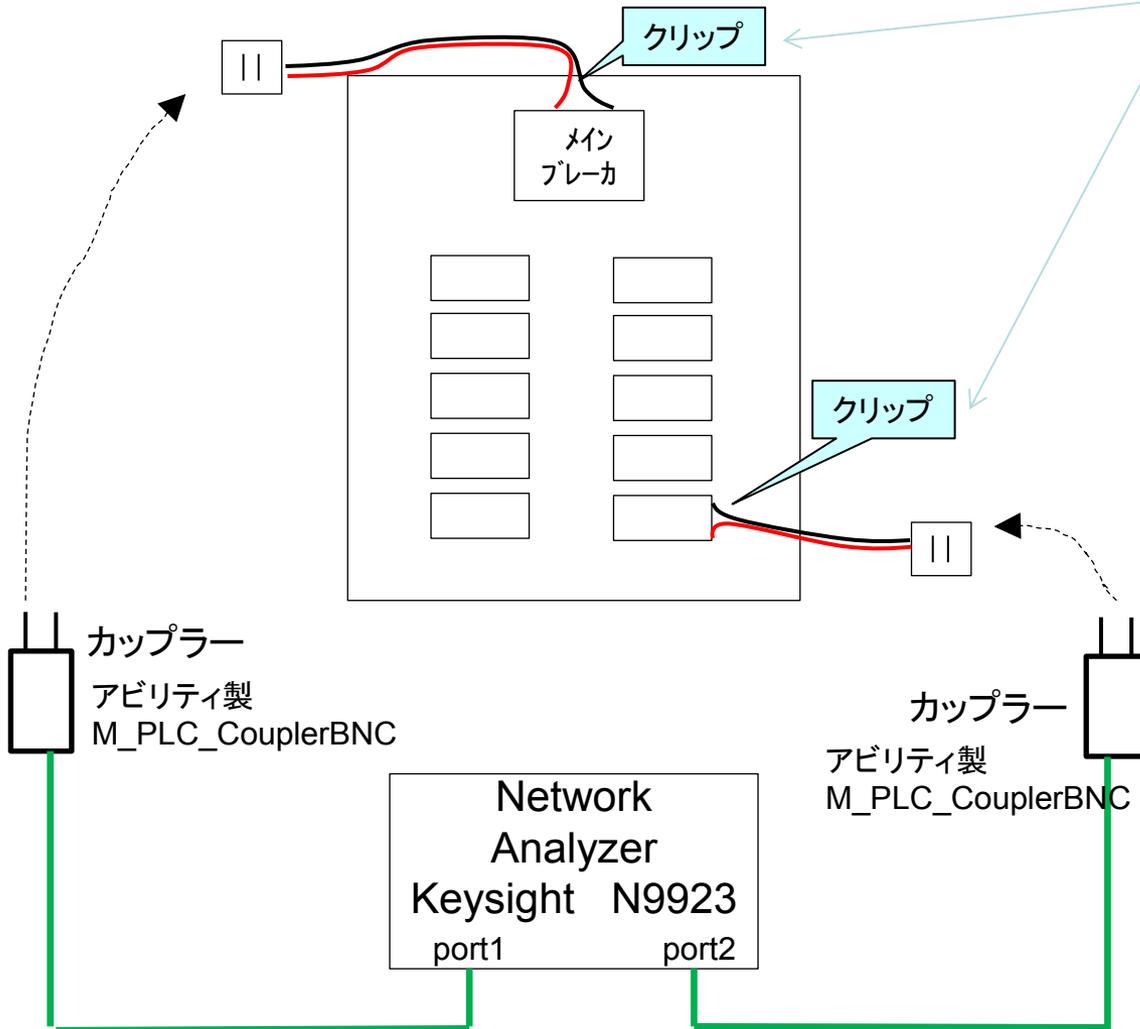


※カップラーを含めた系でキャリブレーションして測定を実施

■ ネットワークアナライザの設定

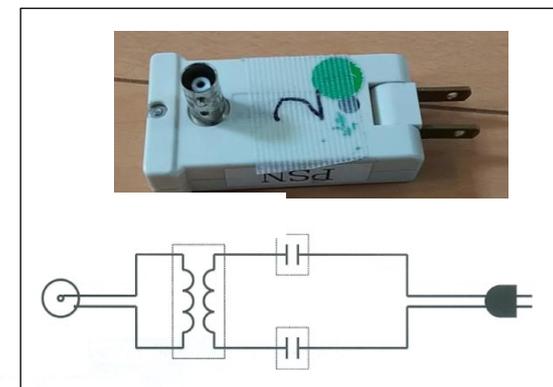
- 周波数 : 2MHz~30MHz
- IF帯域幅 : 1kHz
- point : 1601点
- アベレージ回数 : 5回
- 出力レベル : 5dBm

ネットワークアナライザ測定系



※みのむしクリップタイプのコンセントを
仮設置工事して測定

カップラー
アビリティ製
M_PLC_couplerBNC
(ACをカットするHPF)



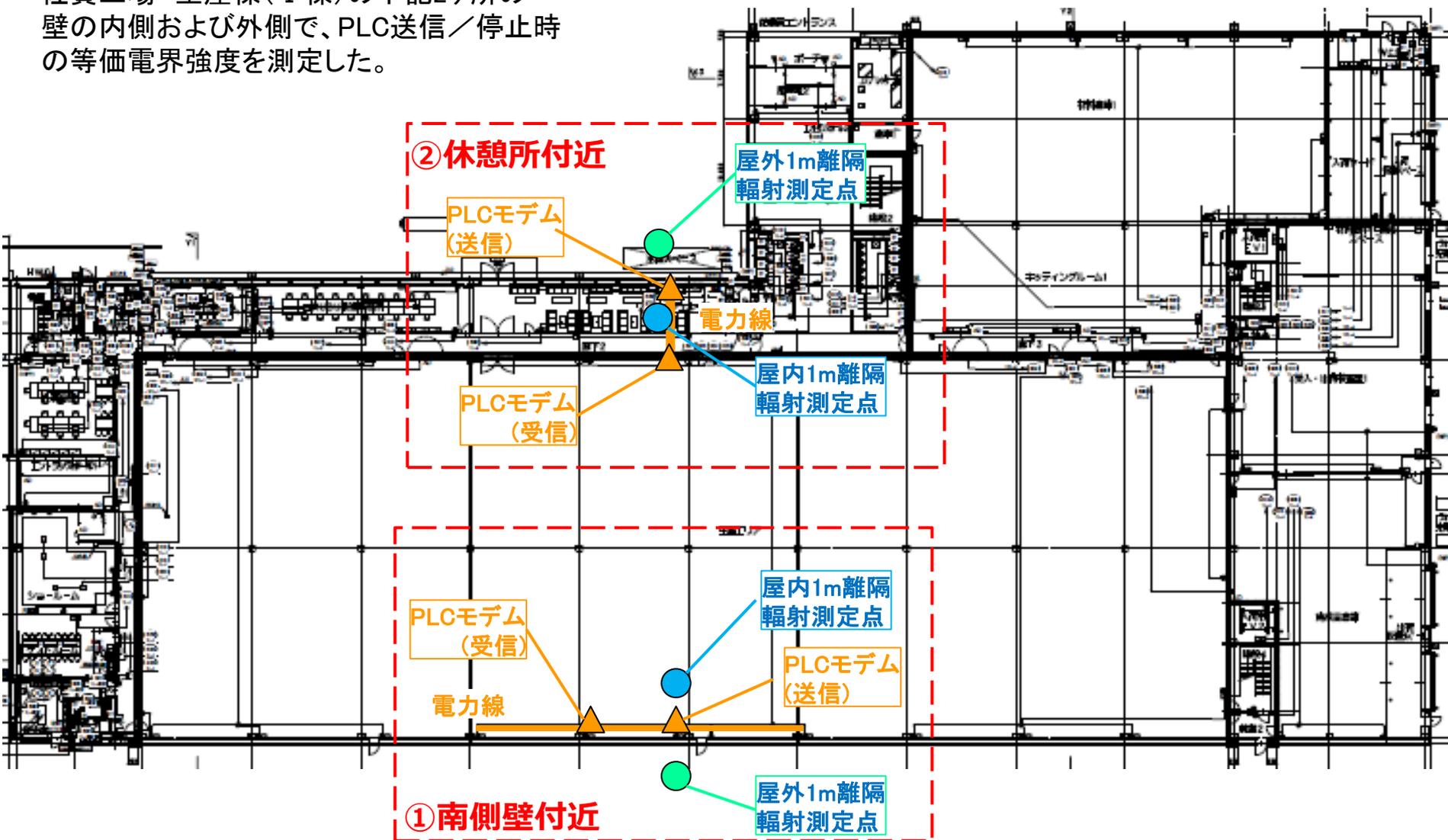
※カップラーを含めた系でキャリブレーションして測定を実施

壁による減衰効果 の測定

パナソニック(株) コネクテッドソリューションズ社
佐賀工場
(佐賀県鳥栖市)

佐賀工場 測定現場見取り図

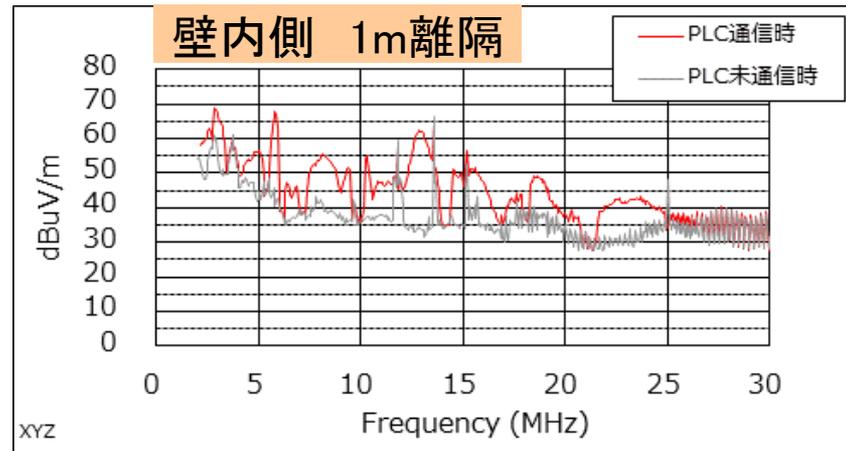
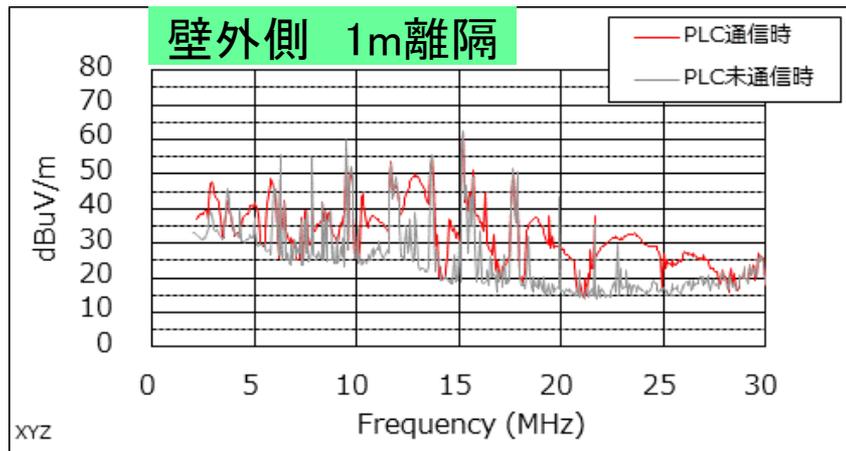
佐賀工場 生産棟 (I 棟) の下記2ヶ所の壁の内側および外側で、PLC送信/停止時の等価電界強度を測定した。



※ 壁から3m, 10m離隔は、環境雑音大きくPLC輻射が埋もれていたため、壁内側/外側の比較はできず。

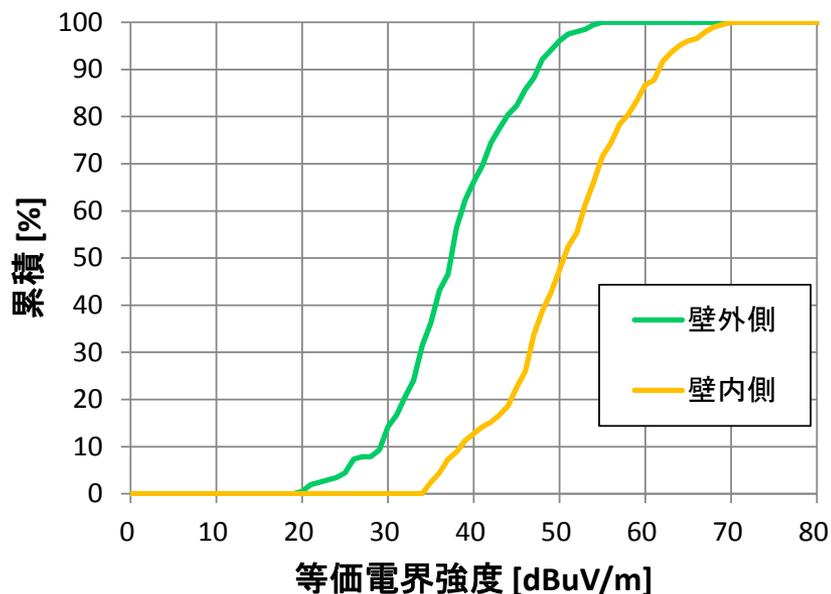
佐賀工場 南側壁付近 等価電界強度 壁内側/外側比較

■ 等価電界強度 (周波数特性)

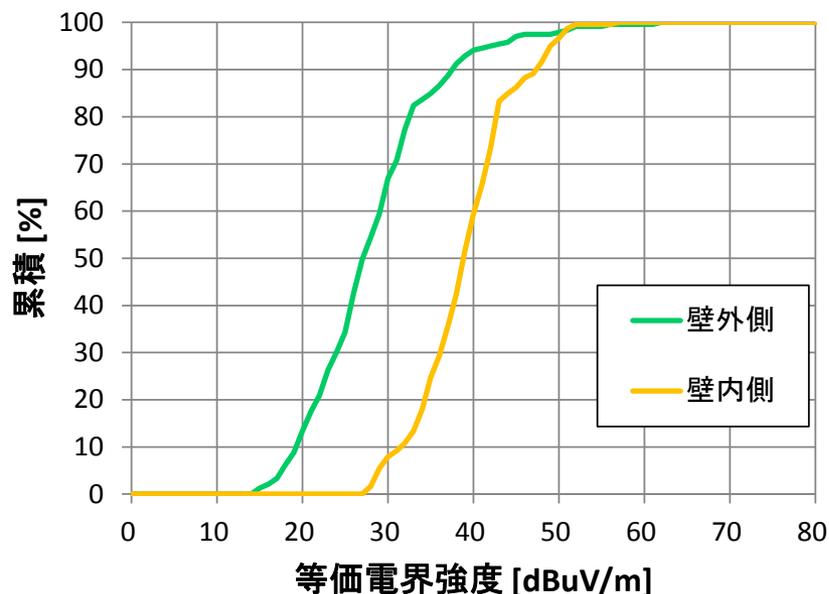


※ 壁から3m, 10m離隔は、環境雑音大きくPLC輻射が埋もれていたため、壁内側/外側の比較はできず。

■ 等価電界強度 (累積度数分布) 2-15MHz

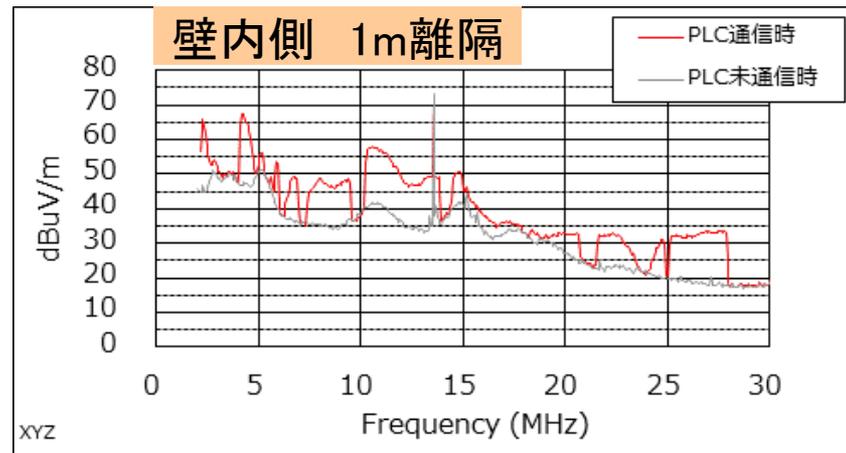
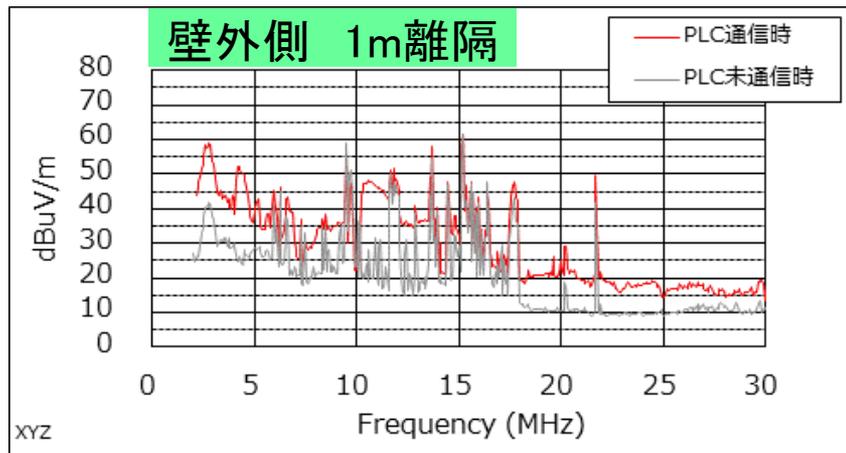


15-30MHz



佐賀工場 休憩所壁付近 等価電界強度 壁内側/外側比較

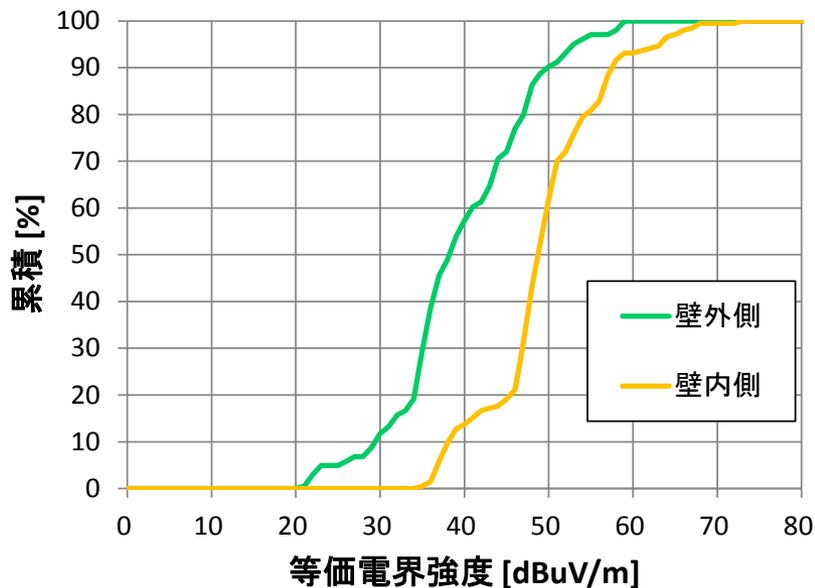
■ 等価電界強度 (周波数特性)



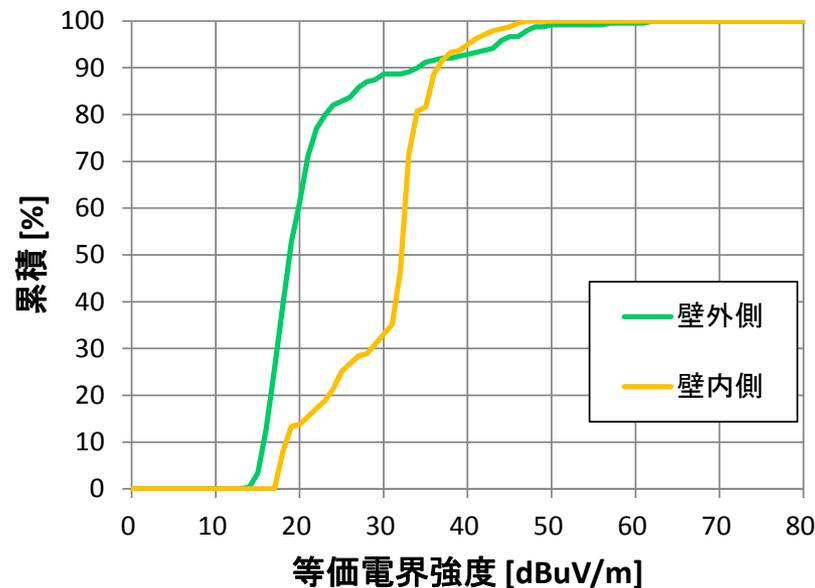
※ 壁から3m, 10m離隔は、環境雑音大きくPLC輻射が埋もれていたため、壁内側/外側の比較はできず。

■ 等価電界強度 (累積度数分布)

2-15MHz



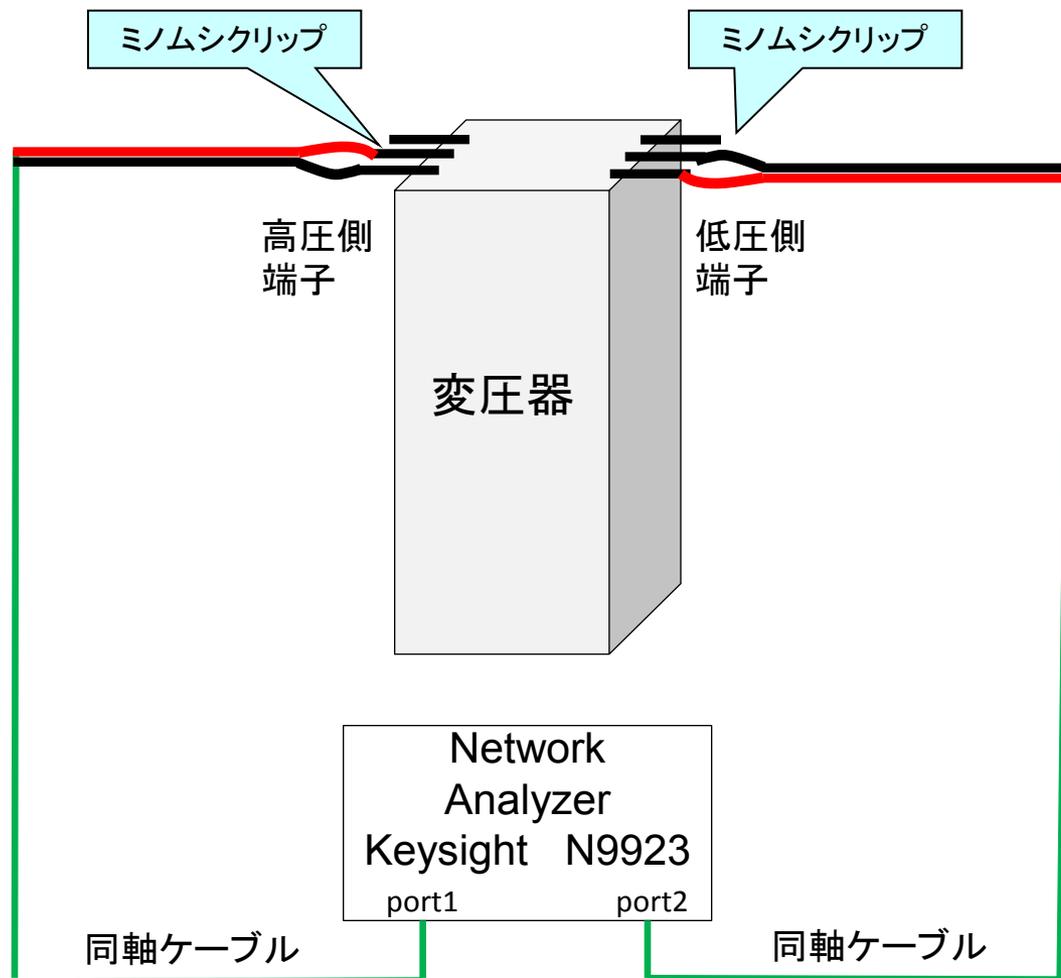
15-30MHz



変圧器による減衰特性 の測定

(株)ダイヘン 十三事業場
(大阪市淀川区)

変圧器減衰特性測定のためのネットワークアナライザ測定系



三相用変圧器 1台あたり9通りの測定

プロービングする 高圧側端子		プロービングする 低圧側端子	
U	V	U	V
U	V	V	W
U	V	W	U
V	W	U	V
V	W	V	W
V	W	W	U
W	U	U	V
W	U	V	W
W	U	W	U

単相用変圧器 1台あたり3通りの測定

プロービングする 高圧側端子		プロービングする 低圧側端子	
U	V	U	O
U	V	O	V
U	V	V	U

※ミノムシクリップ治具を含めた系でキャリブレーションして測定を実施

測定対象変圧器

単相用機種



メーカー品番

T2SE-PW0 50kVA (2個体)

T2SE-PW0 100kVA (2個体)

T2SE-PW0 150kVA

三相用機種



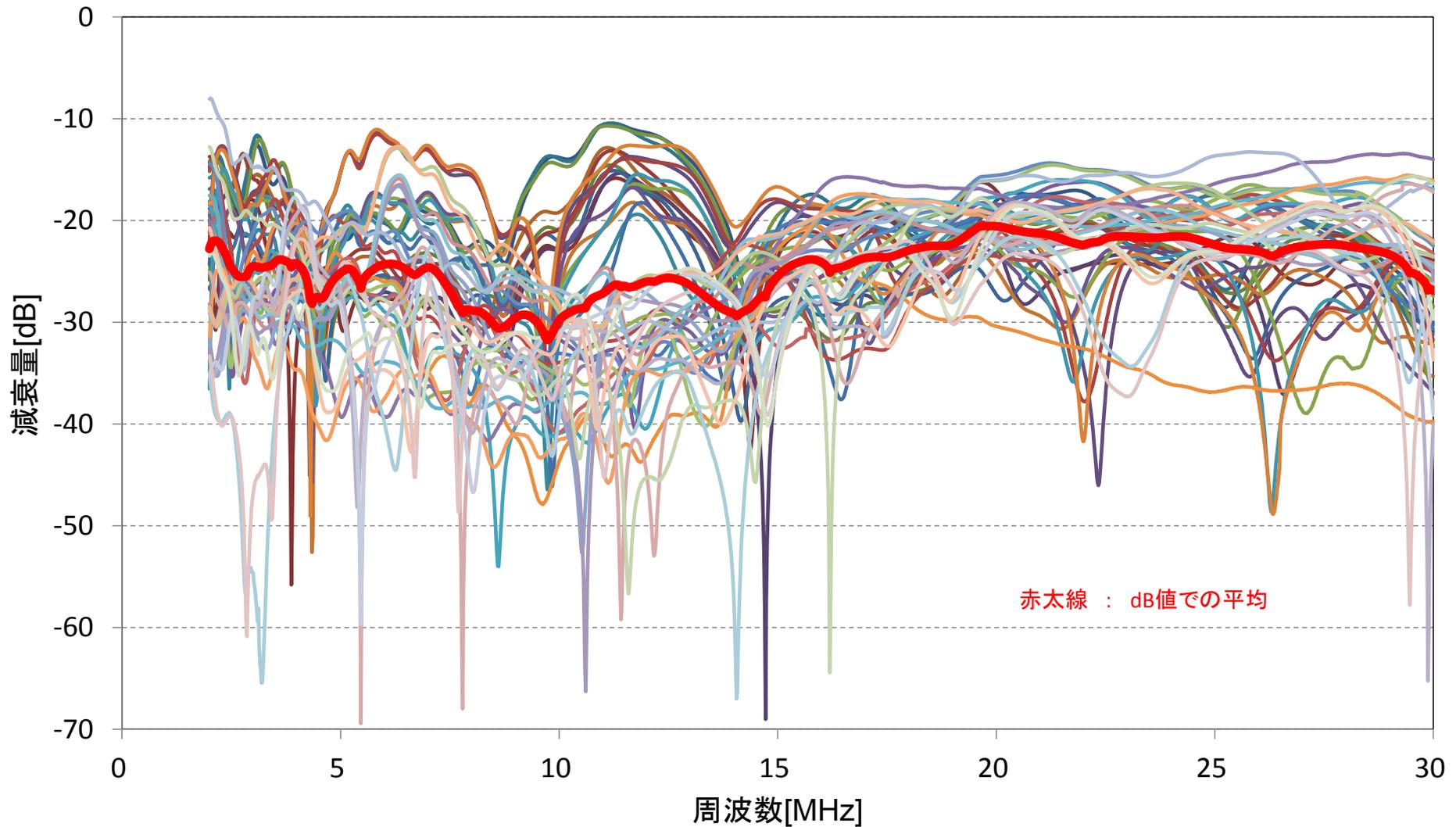
T2SP-PW1 20kVA

T2SP-PW1 50kVA

T2SP-PW0 100kVA

変圧器メーカー: (株)ダイヘン

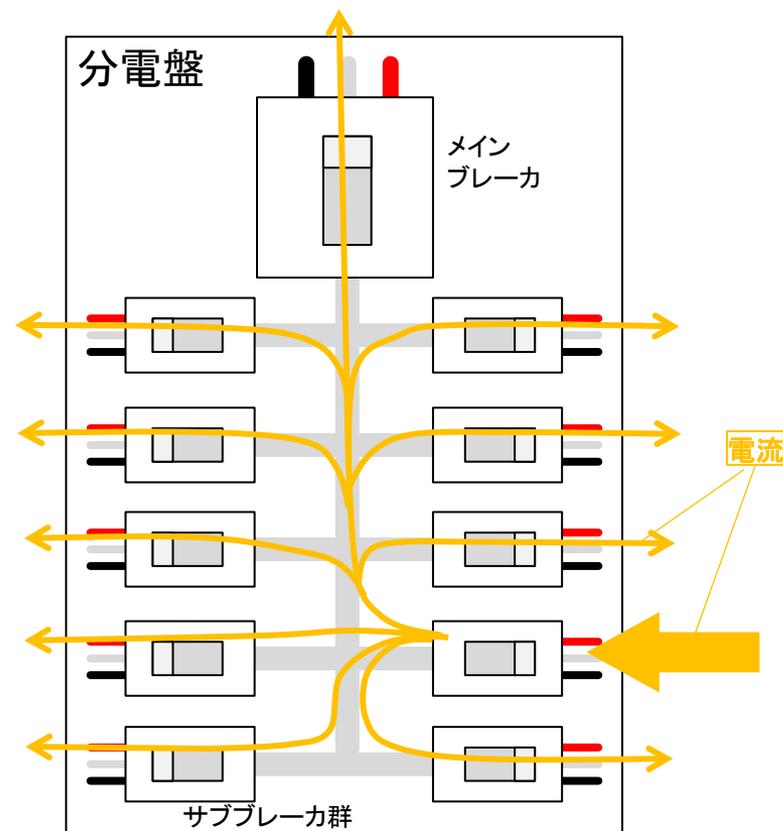
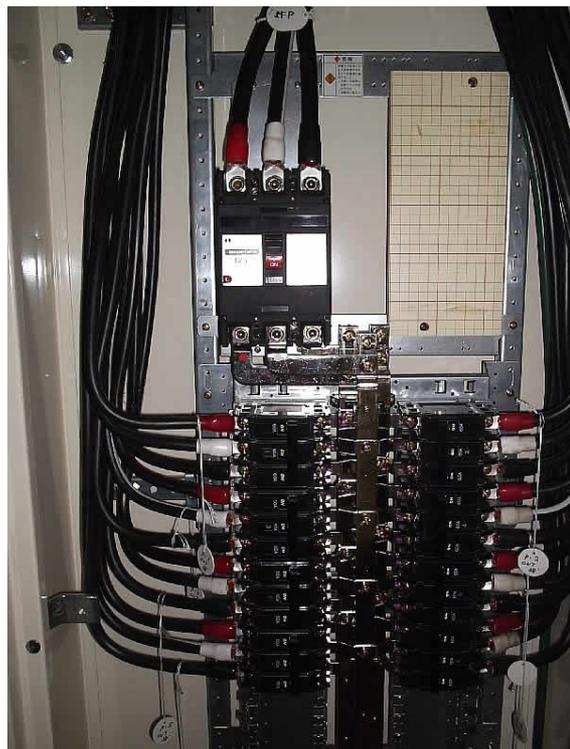
変圧器の通過減衰量 実測値



分電盤による減衰特性 の測定

分電盤単体の減衰特性について

- ・分電盤は、上位の電力供給側からの電流を、複数のブレーカ(スイッチ)により、**分流**する装置である。
- ・分電盤の構成要素である **ブレーカ(スイッチ)** および **盤内配線板金** は、2~30MHzの周波数帯においては、**損失はほぼゼロ**となる。※
- ・よって、分電盤単体の通過損失は、**ブレーカ個数分の分流**による減衰が支配的になる。
(例: ブレーカ10個の分電盤 → 1/10の減衰
同じ分電盤2段 → 1/100の減衰)

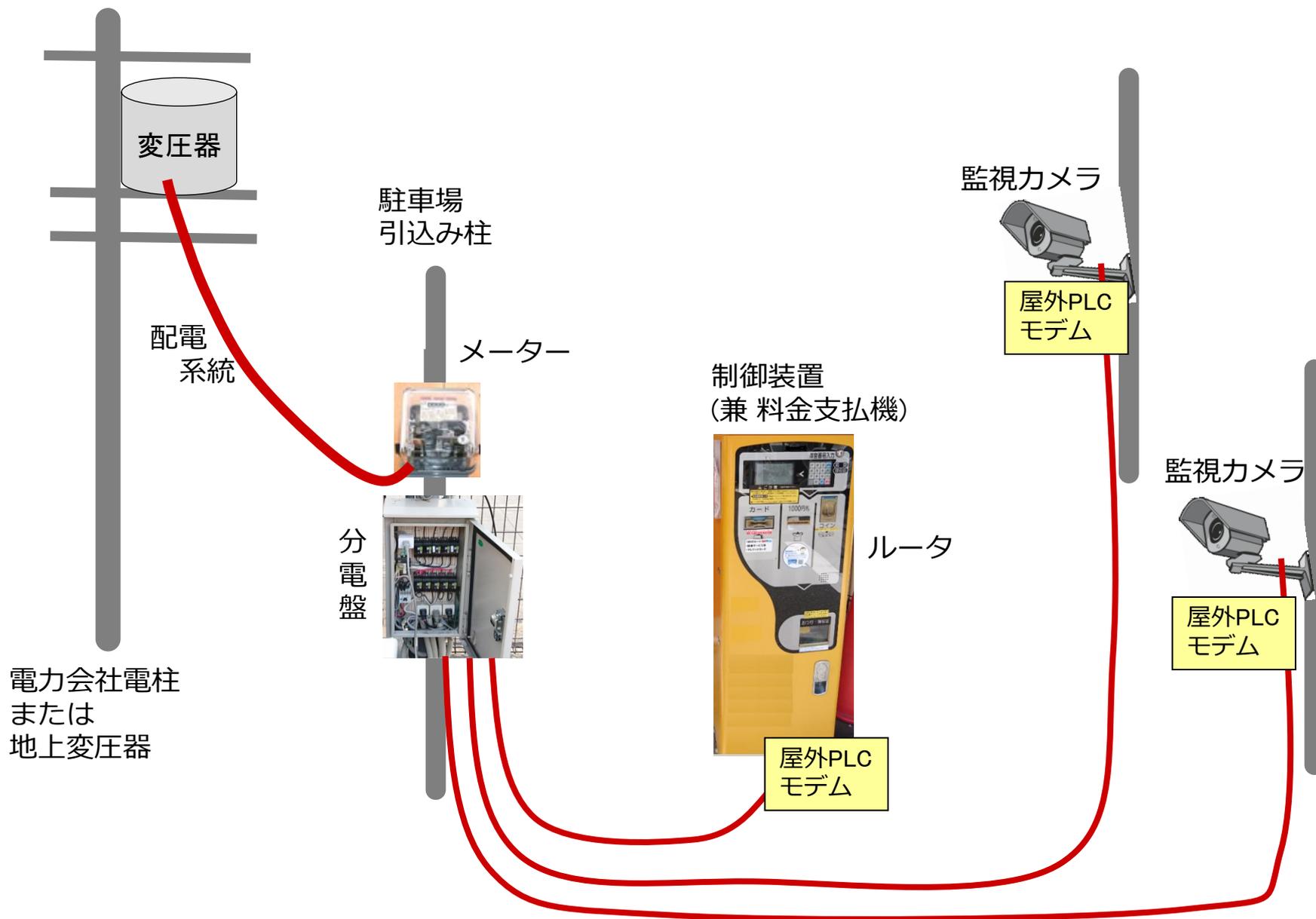


※:完全電磁方式ブレーカは、数dB~数十dBの通過損失がある

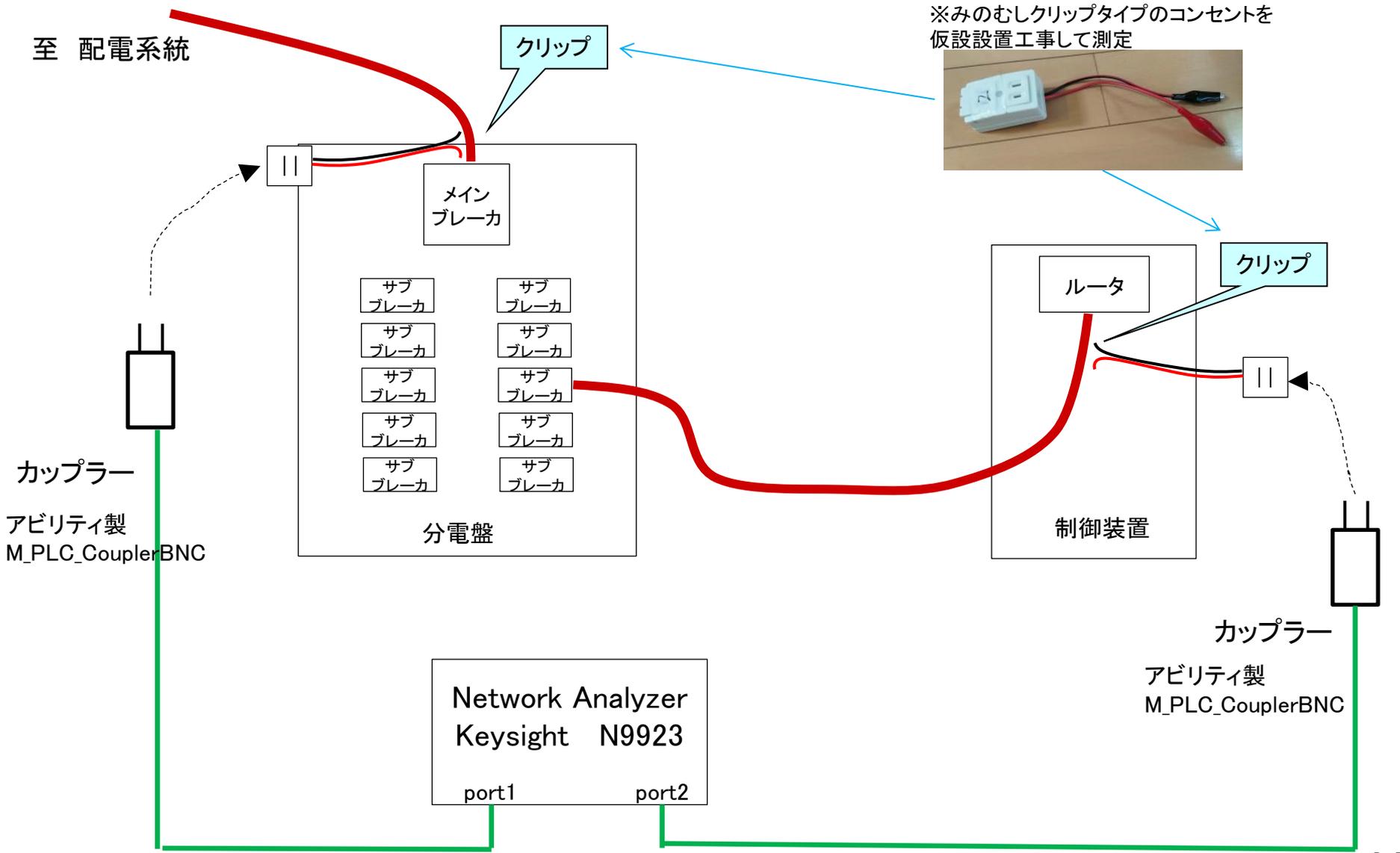
～ 分電盤による減衰特性の測定 ～
コインパーキング(屋外孤立分電盤)での測定

(愛知県名古屋市 コインパーキング)

コインパーキングの配線構成イメージ



ネットワークアナライザによる伝送特性測定系 (コインパーキング)



コインパーキング分電盤の通過減衰 実測結果

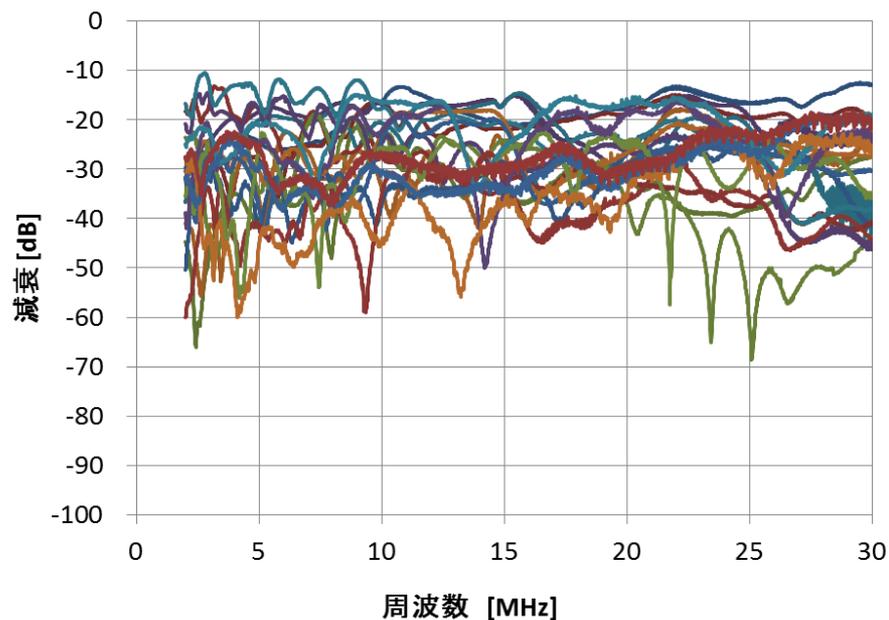
測定実施地：コインパーキング7ヶ所（名古屋市内）

測定点：分電盤メインブレーカの1次側 と ルータ点 の間

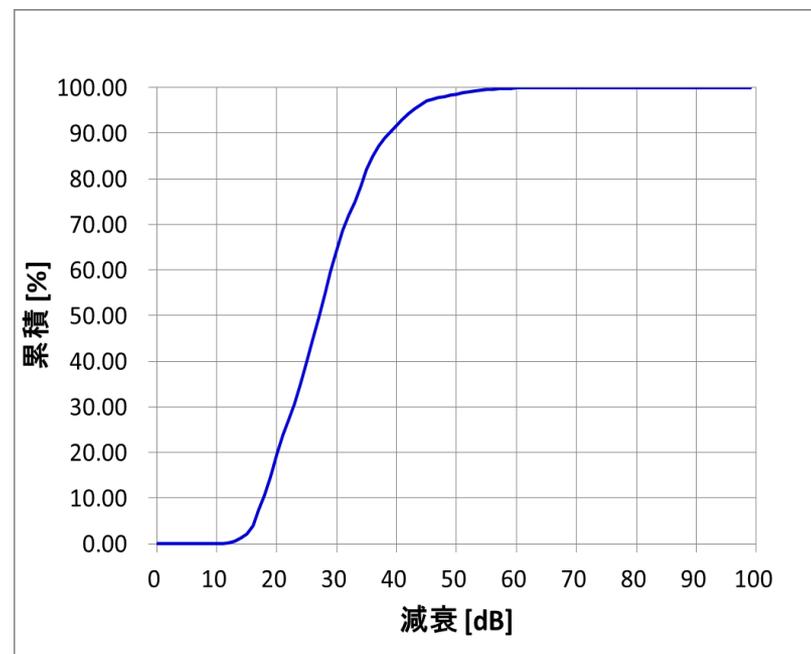
測定サンプル：21点

（注）低圧引込み線の伝送損失および監視カメラ点までの伝送損失は含まれていない

ルータコンセント～分電盤主幹1次側 減衰



分電盤通過減衰特性

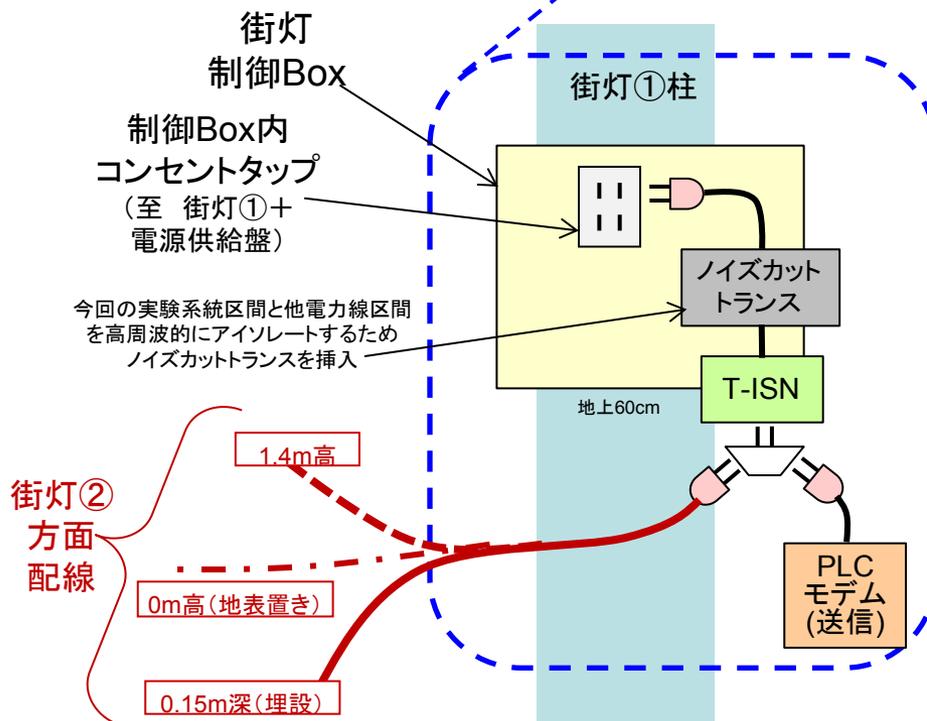
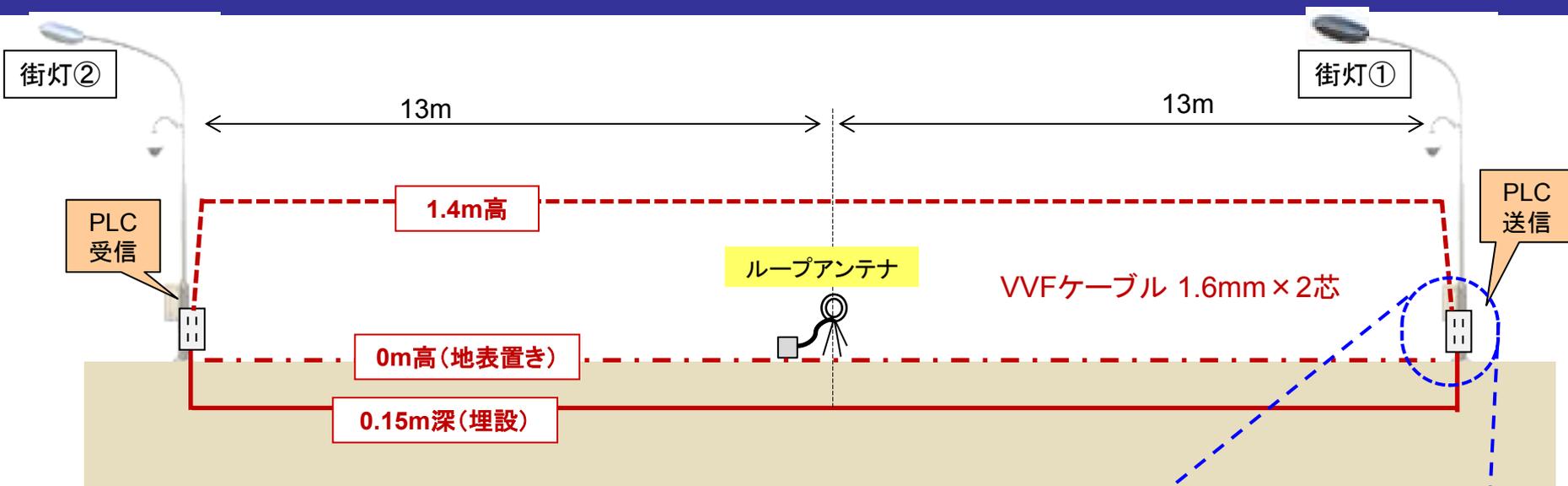


分電盤通過損失の累積分布特性

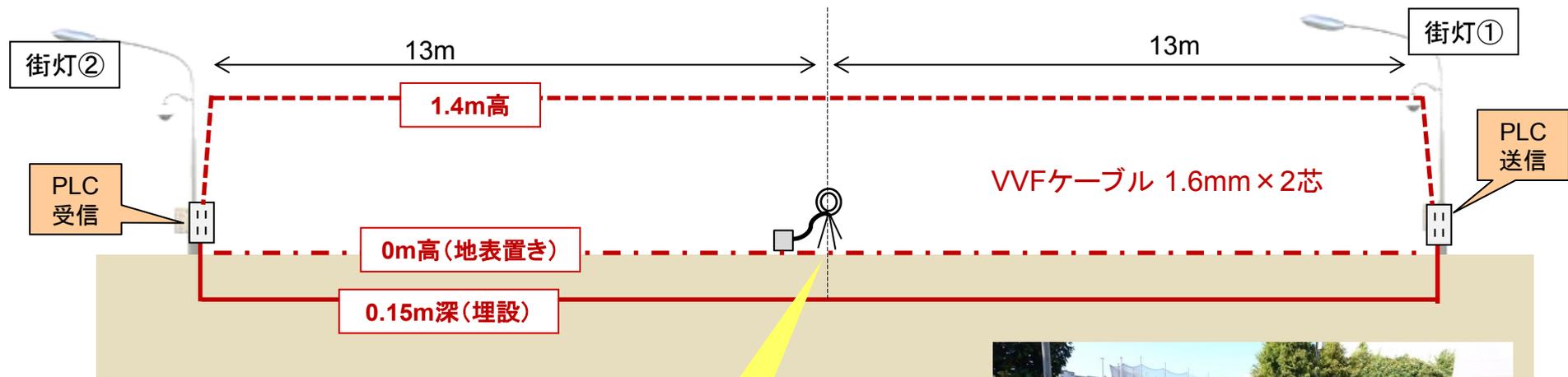
地下埋設線
(土中 15cm深さ)
からの輻射の測定

パナソニック(株) 福岡事業場
(福岡県福岡市博多区美野島)

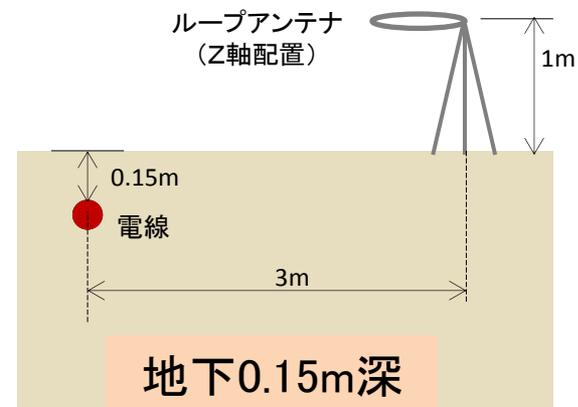
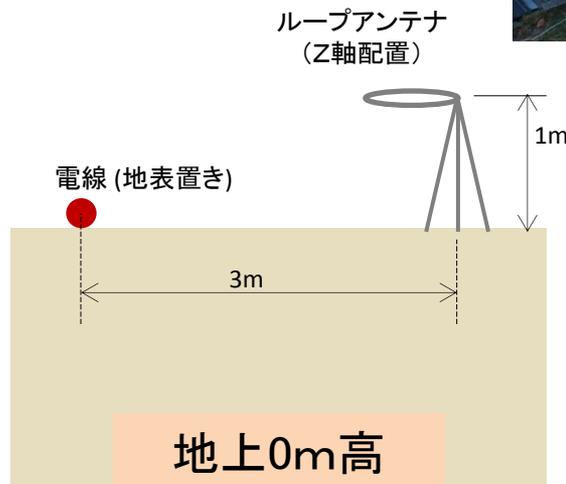
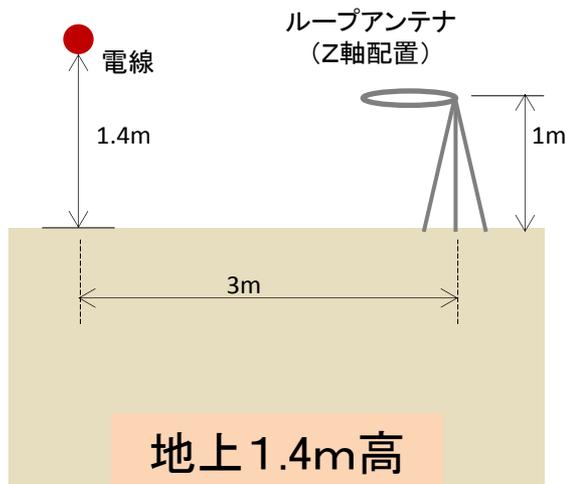
[土中埋設線] 実験系統図



[土中埋設線] 配線とループアンテナの配置



ループアンテナ
地上高1m
Z軸(水平)
配線から3m離隔

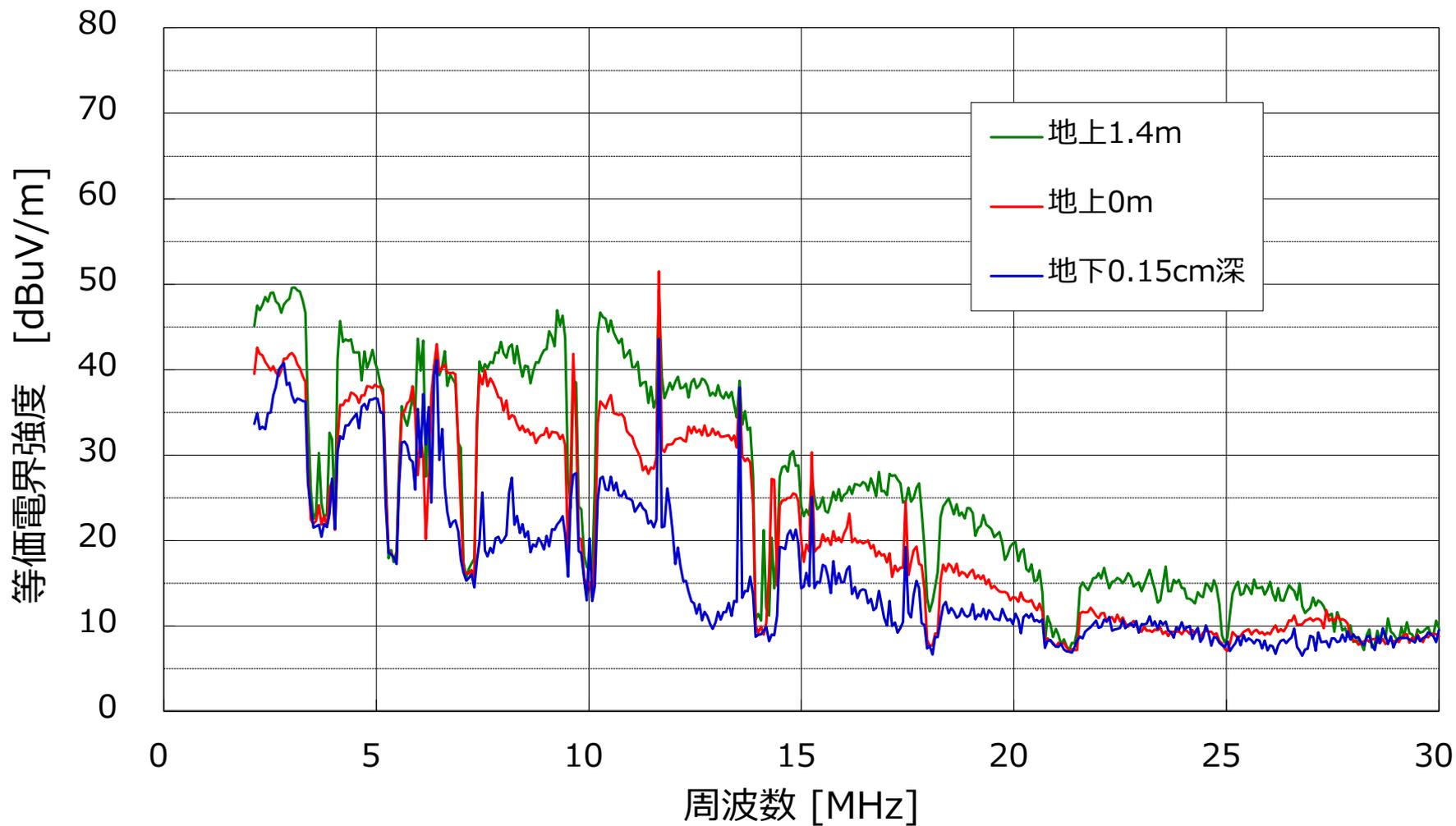


(配線に垂直な断面での図)

[土中埋設線] 等価電界強度測定結果

測定点:配線から3m離隔(前頁参照)

測定 :Z軸のみ



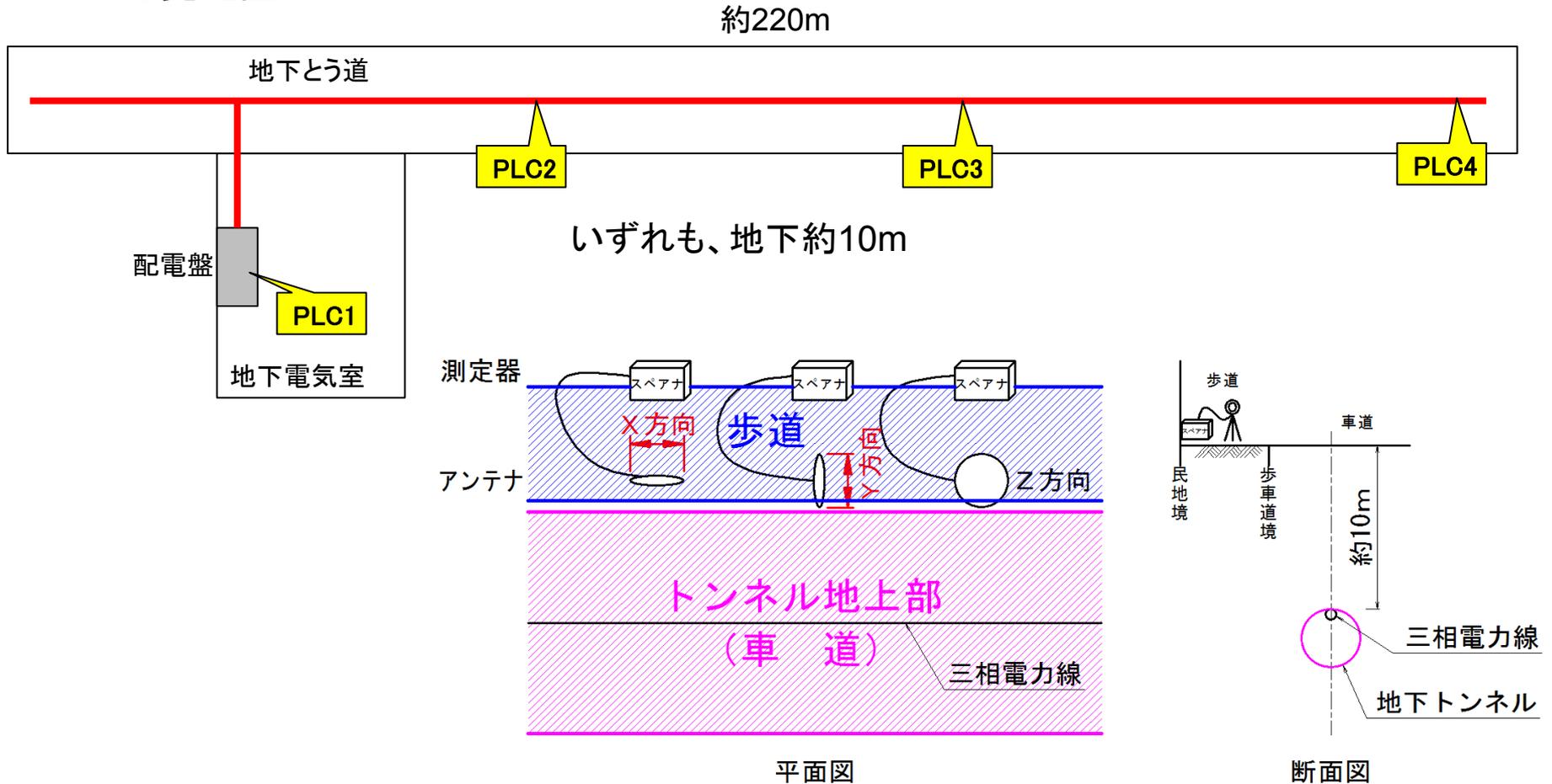
地下埋設線
(地下とう道内照明電力線(地下10m))
からの輻射の測定

(愛知県名古屋市内)

とう道配線系統図

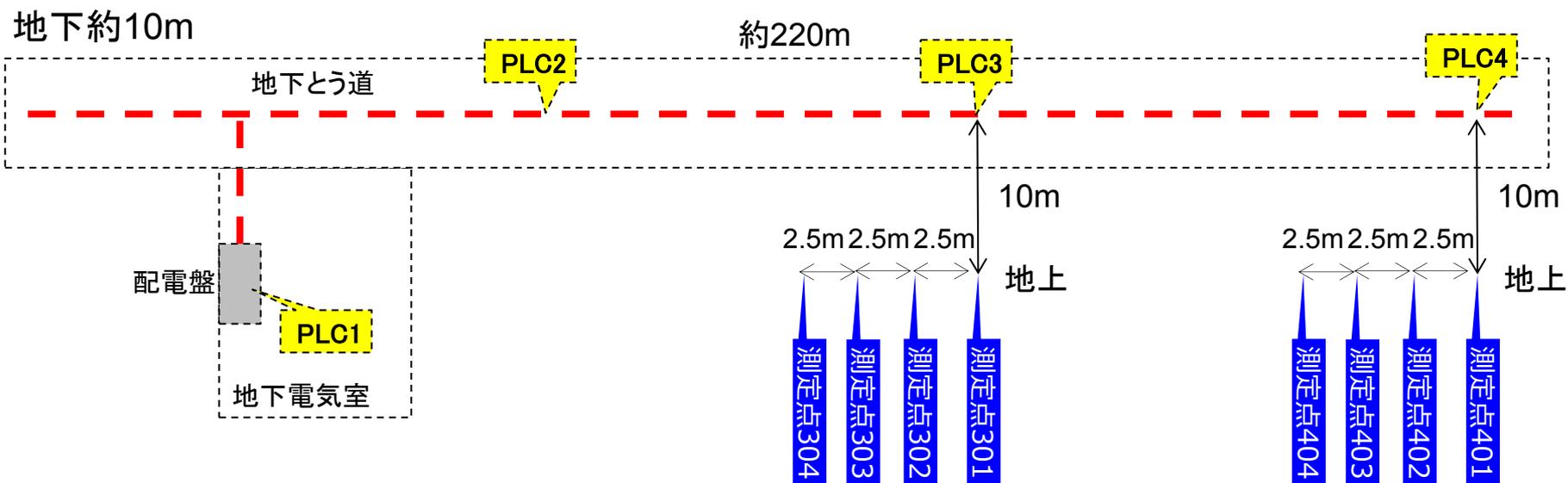
- ・トンネル内電灯電力分電盤にPLCモデム親機を設置する。
- ・トンネル内照明線にPLCモデム子機を設置する。
- ・トンネルの地上部(地表面)においてPLC信号の漏洩を測定する。

上から見た図



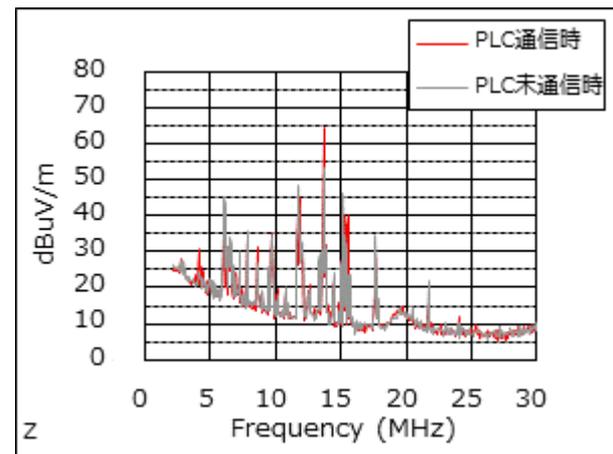
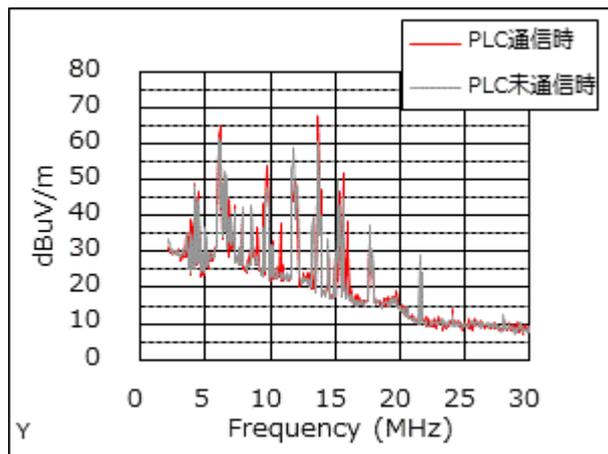
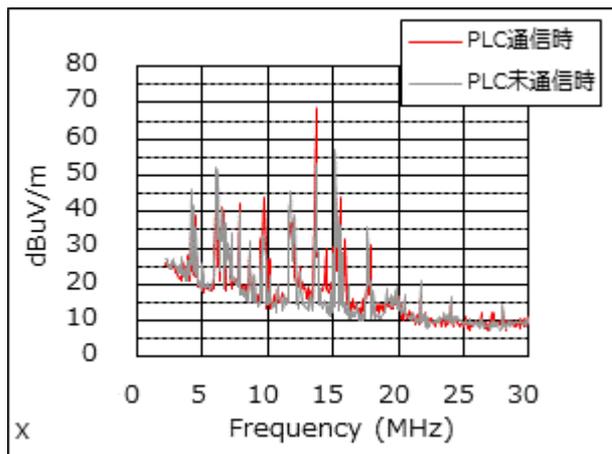
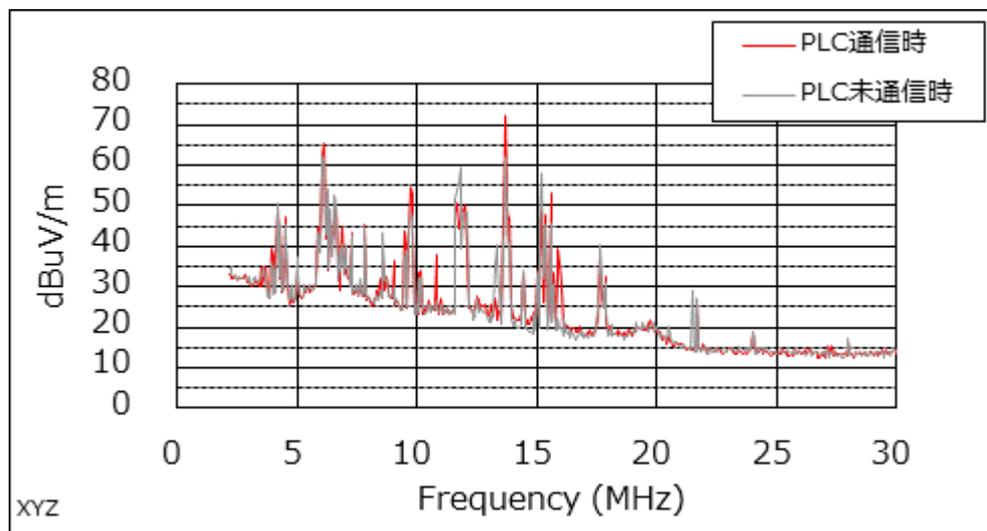
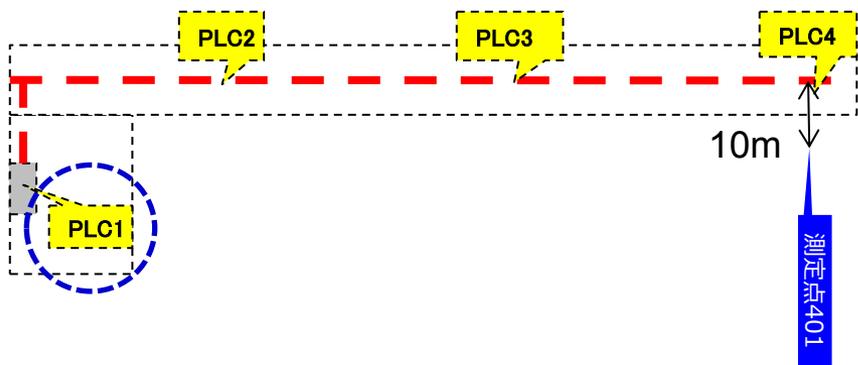
[とう道] 輻射測定点

(上空から見た模式図)

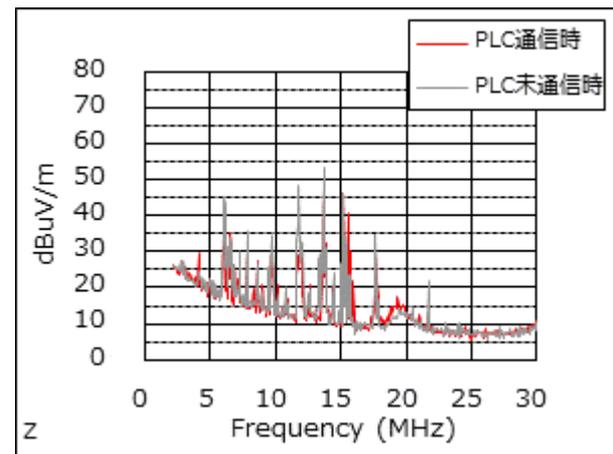
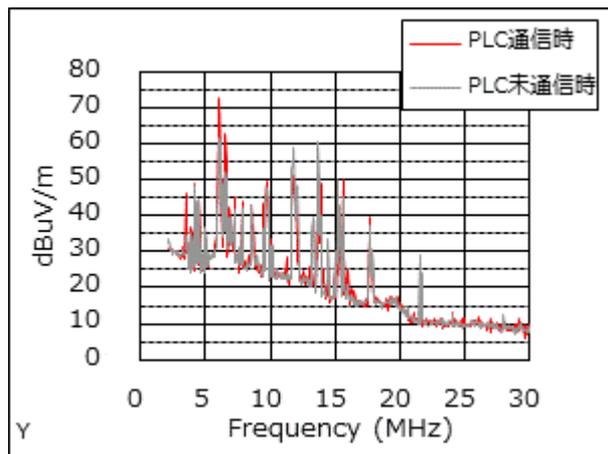
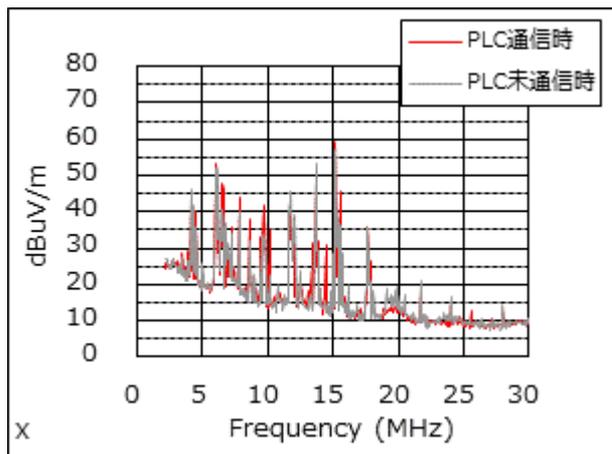
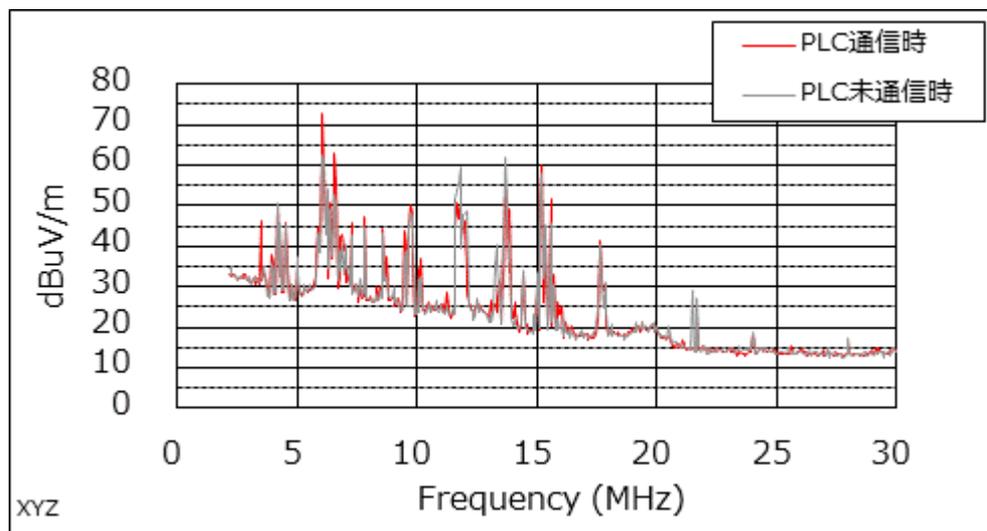
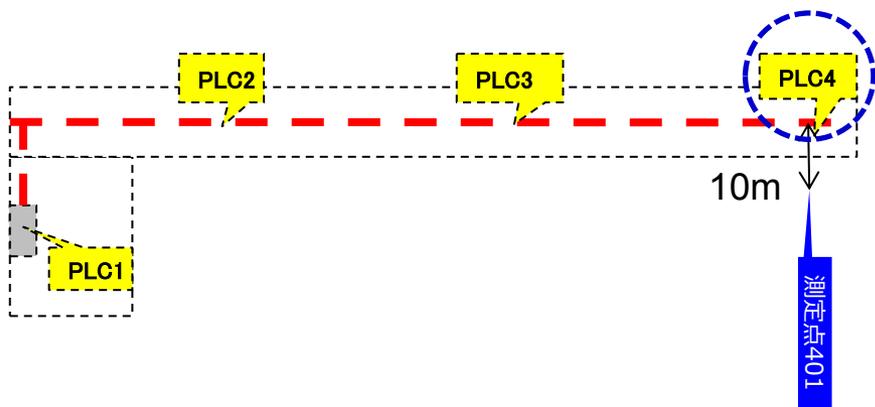


次頁以降、測定結果掲載

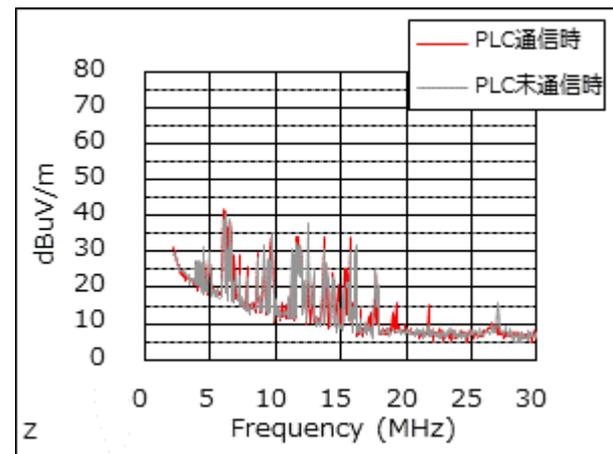
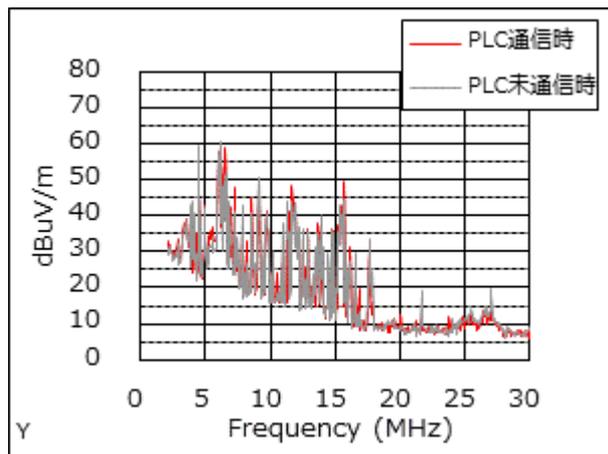
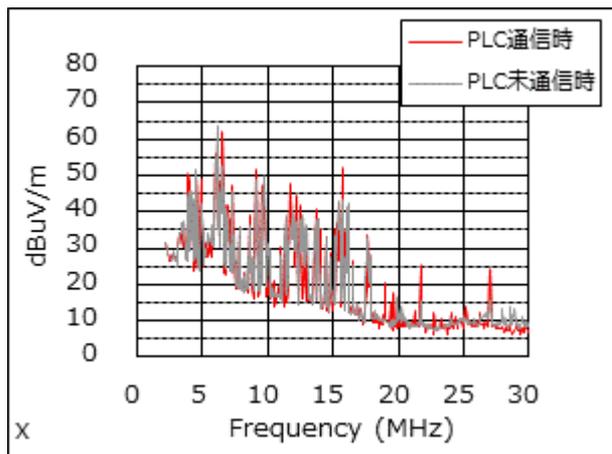
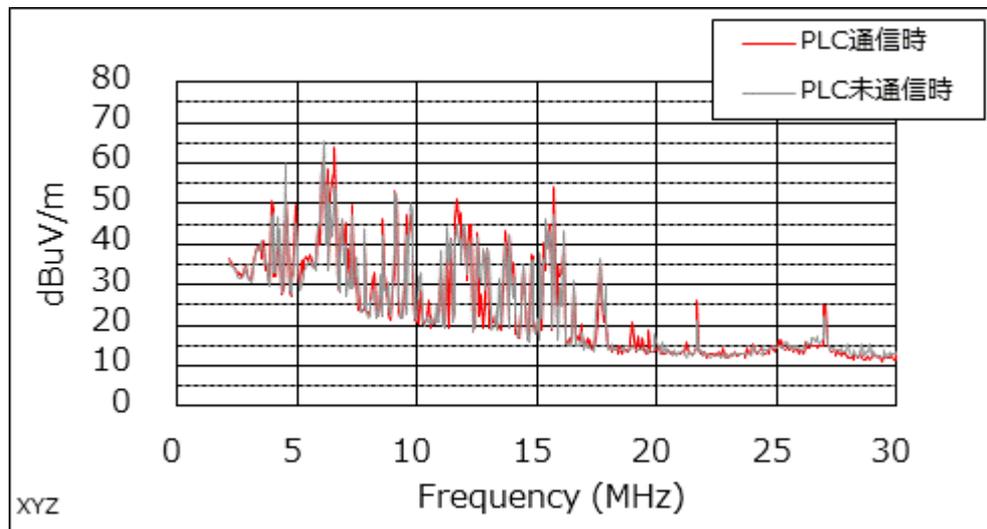
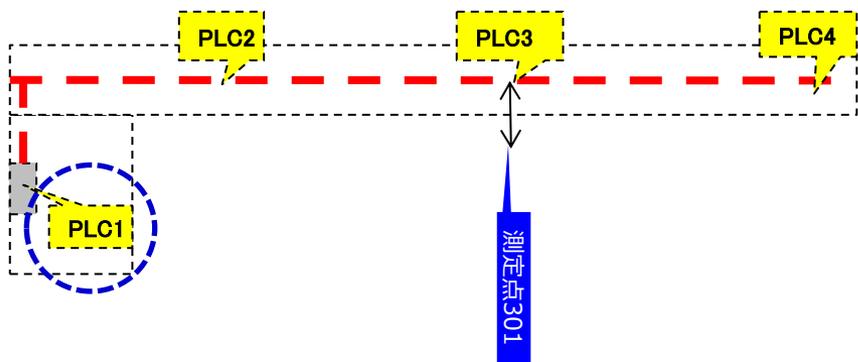
[とう道] 【測定点401】 PLC1 送信



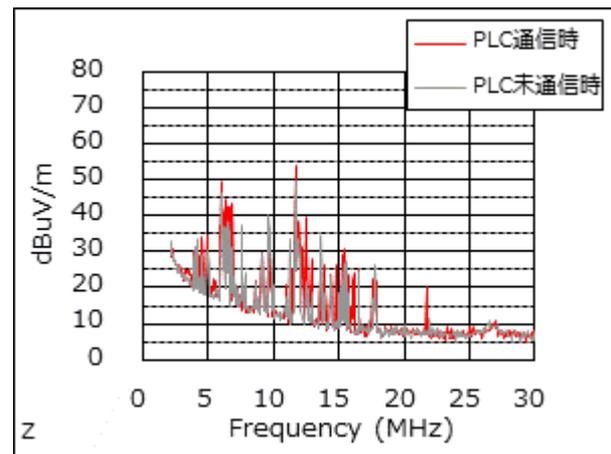
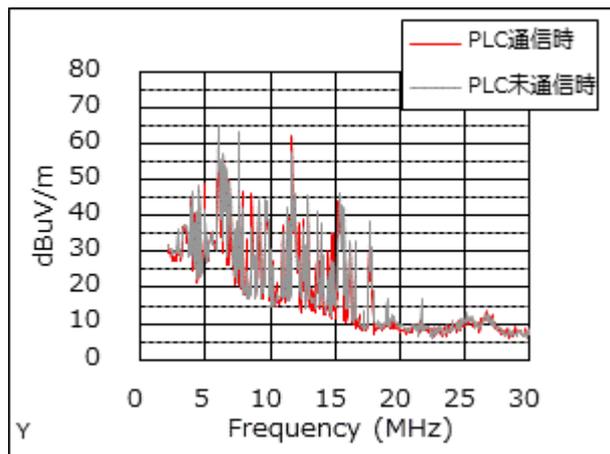
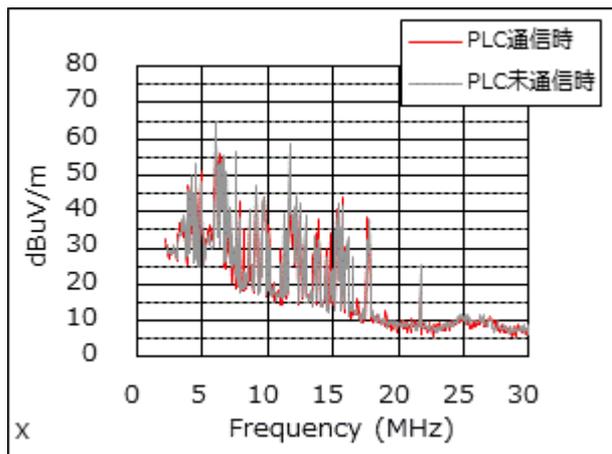
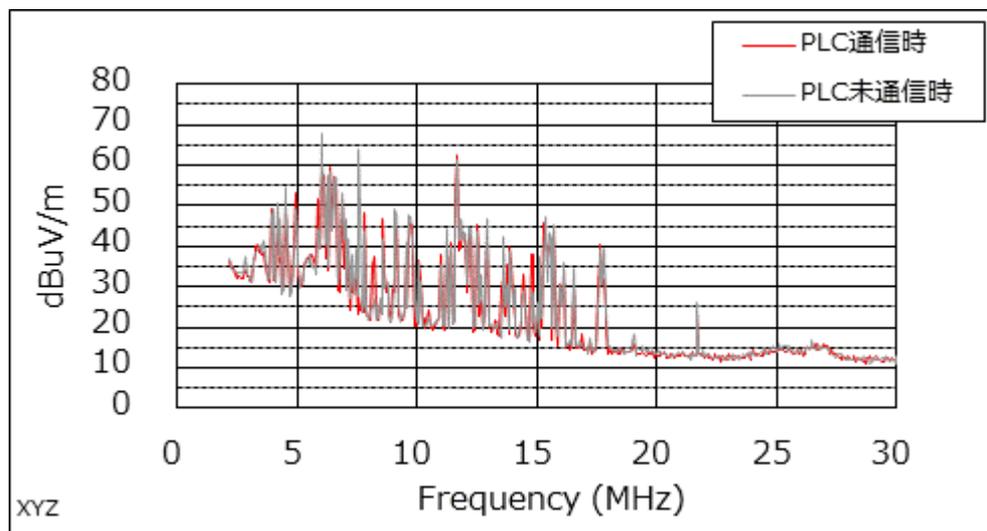
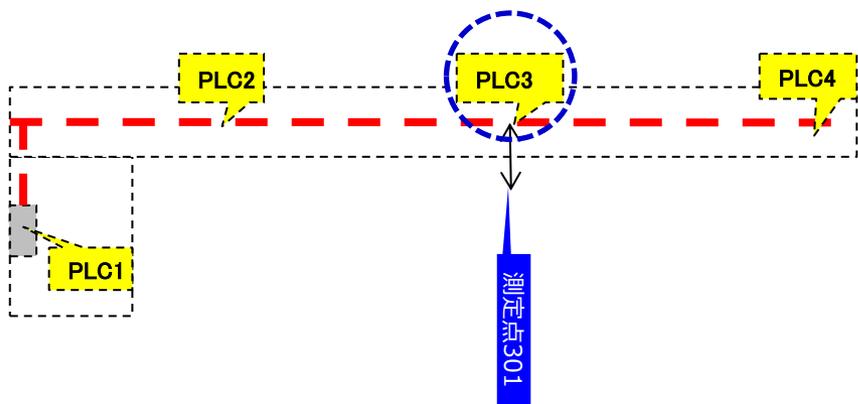
[とう道] 【測定点401】 PLC4 送信



[とう道] 【測定点301】 PLC1 送信



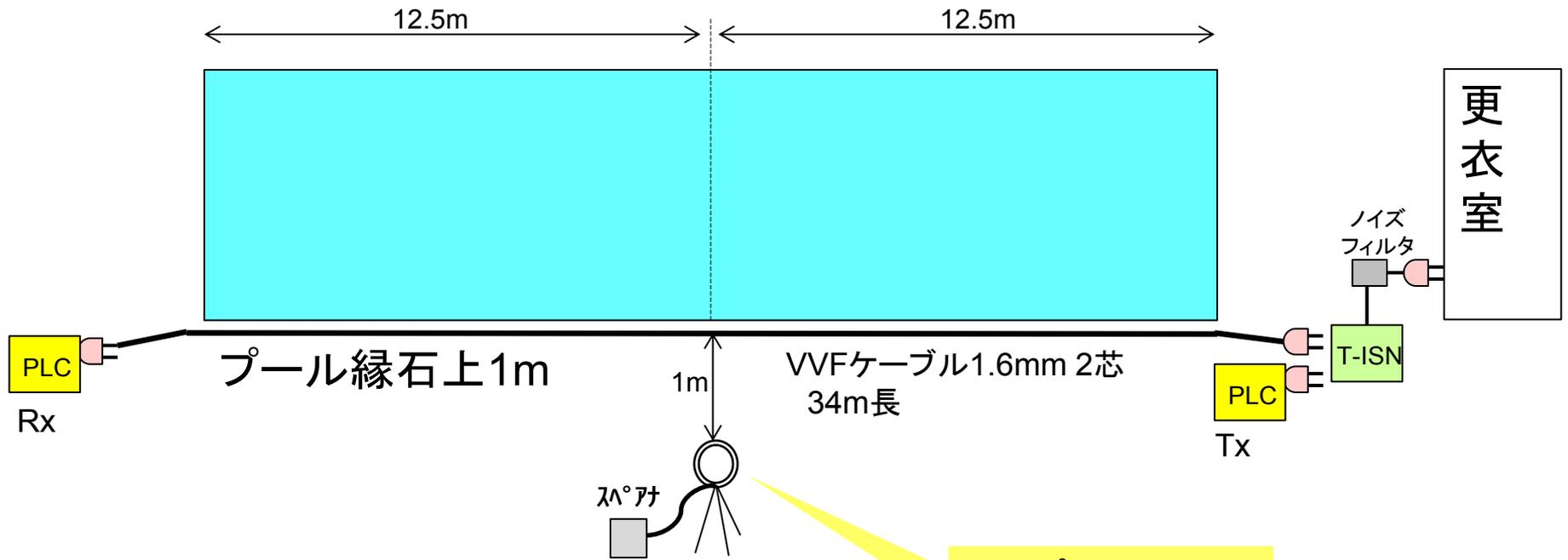
[とう道] 【測定点301】 PLC3 送信



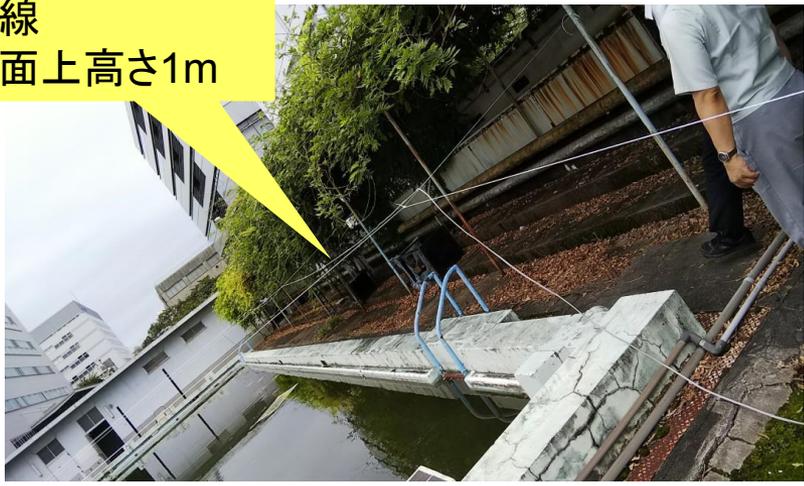
水中線 からの輻射の測定

パナソニック(株) 西門真事業場
(大阪府門真市)

[水中線] 配線とアンテナの配置 (水面(プール縁石)上1m高)



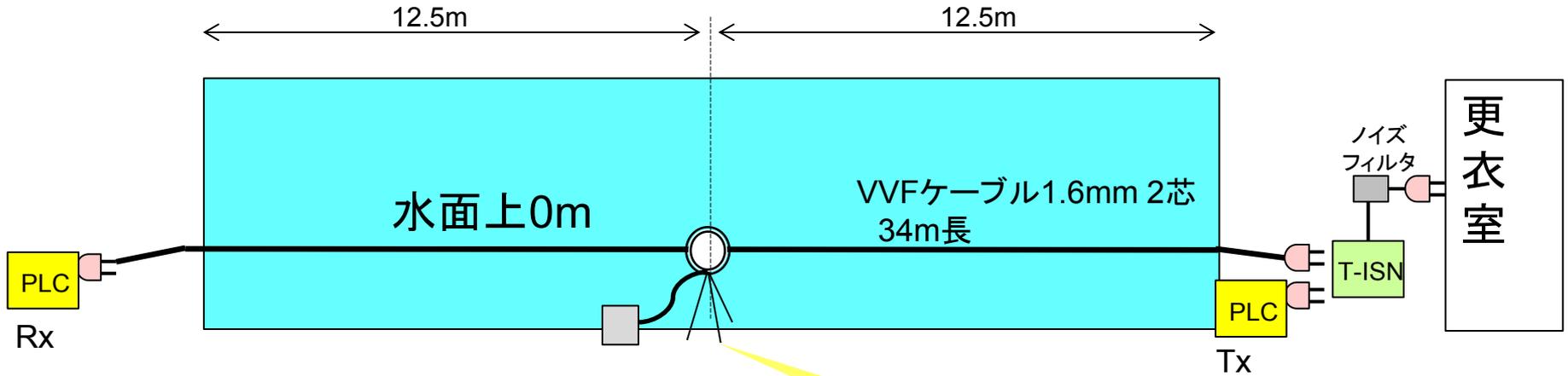
配線
水面上高さ1m



ループアンテナ
水面上高さ1m
X軸(配線に並行)

PLCモデム=屋外パワー

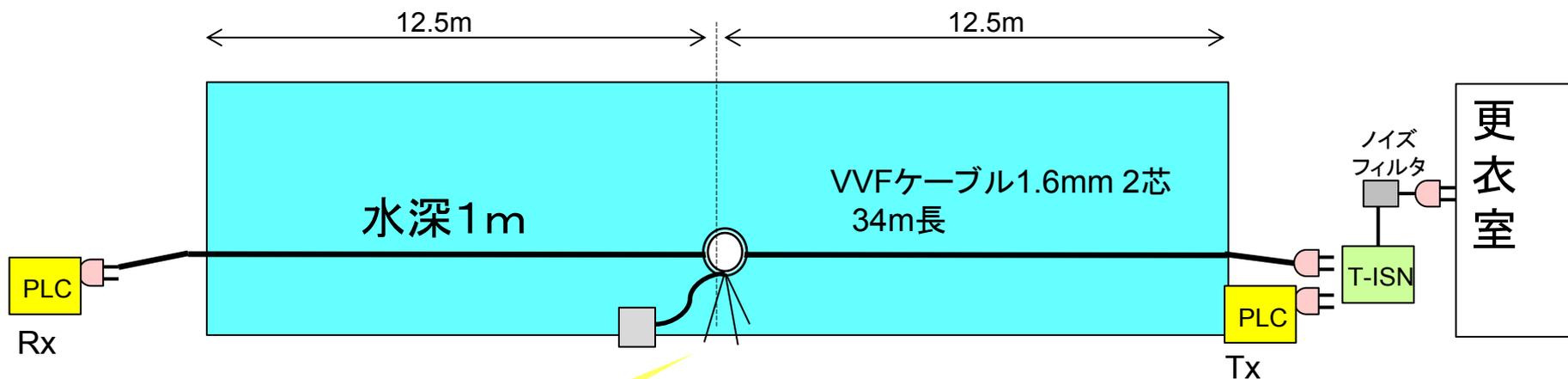
[水中線] 配線とアンテナの配置 (水面上0m高)



配線
水面上0m

ループアンテナ
配線の真上 高さ1m
Z軸(配線に平行・水平)

[水中線] 配線とアンテナの配置 (水深1m)

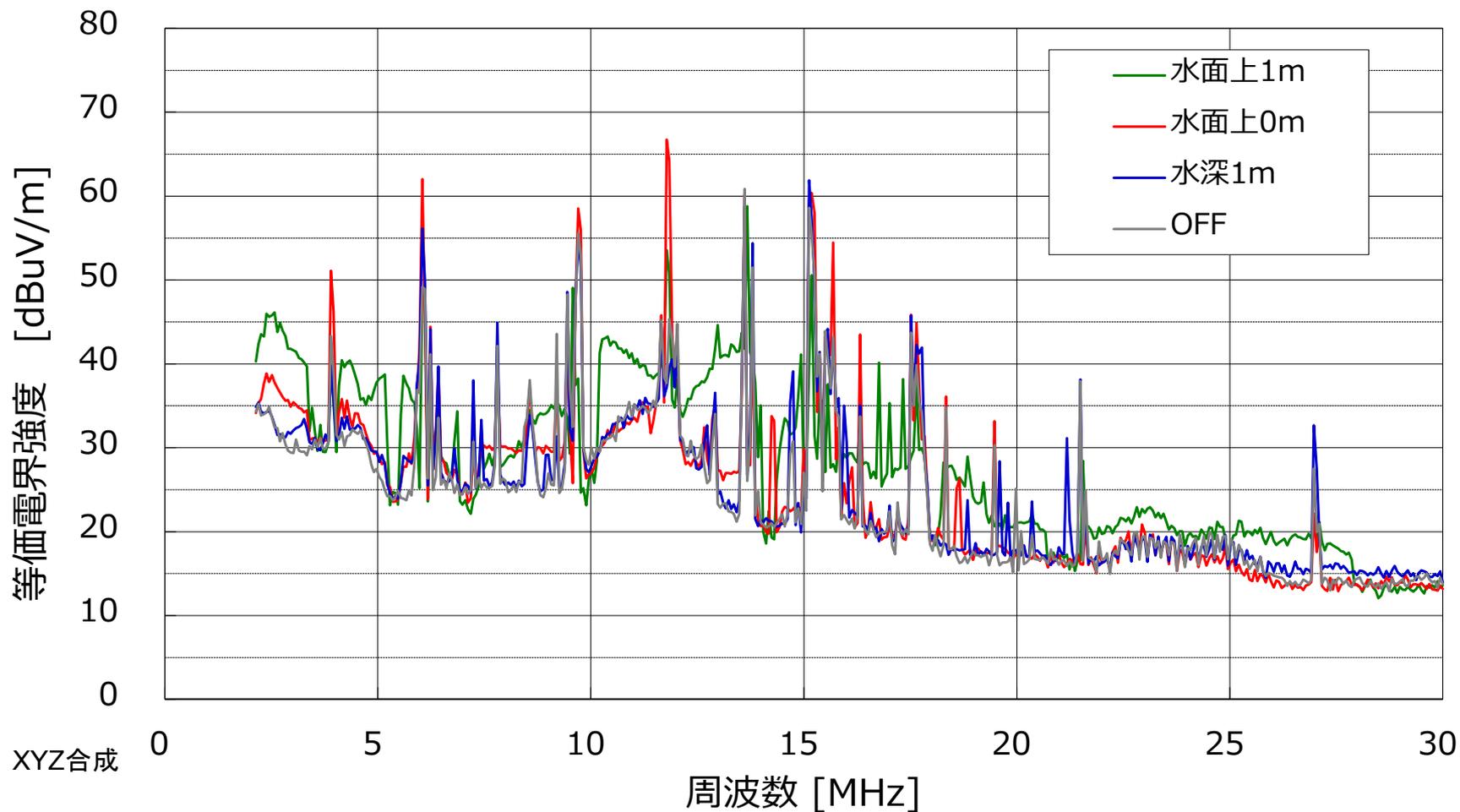


ループアンテナ
配線の真上
水面上高さ≒0m
Z軸(配線に平行、水平)



配線
水深1m

[水中線] 等価電界強度測定結果



XYZ合成

以下、参考資料

5.5.1 住宅内電力系統の伝送特性測定結果

一般的な住宅への配電方式は単相二線式と単相三線式である。二線式は中性線(0V)と+100Vの電力線から構成され、三線式は中性線とL1(+100V)とL2(-100V)の三線で構成される。最近の住宅の多くは単相三線式になっているため、ここでは、この配電系統の住宅で測定を行った結果を示す。

単相三線式の電力系統の場合、その伝送特性は、①同相同一回路(分電盤を介さない伝送系)、②同相別回路(分電盤で分岐された別回路への伝送系であり、かつ、相が等しい伝送系)、③異相回路(分電盤で分岐された別回路への伝送系であり、かつ、相が異なる伝送系)の3種類に分類される。なお、単相二線式の場合は、上記のうち①と②のみで構成されることになる。

測定は、5軒の住宅(戸建住宅、集合住宅の一住居)において、図5-28に示すように測定対象とするコンセントがこれらの区分を網羅するようにコンセント4箇所以上を選定し、実施した。測定した伝送特性を図5-29に示す。図に示すように、同相同一回路においては、10dB~20dB程度の減衰であるが、同相異相を問わず、分電盤で分岐される別回路間の伝送特性は20dB~80dBの減衰であった。

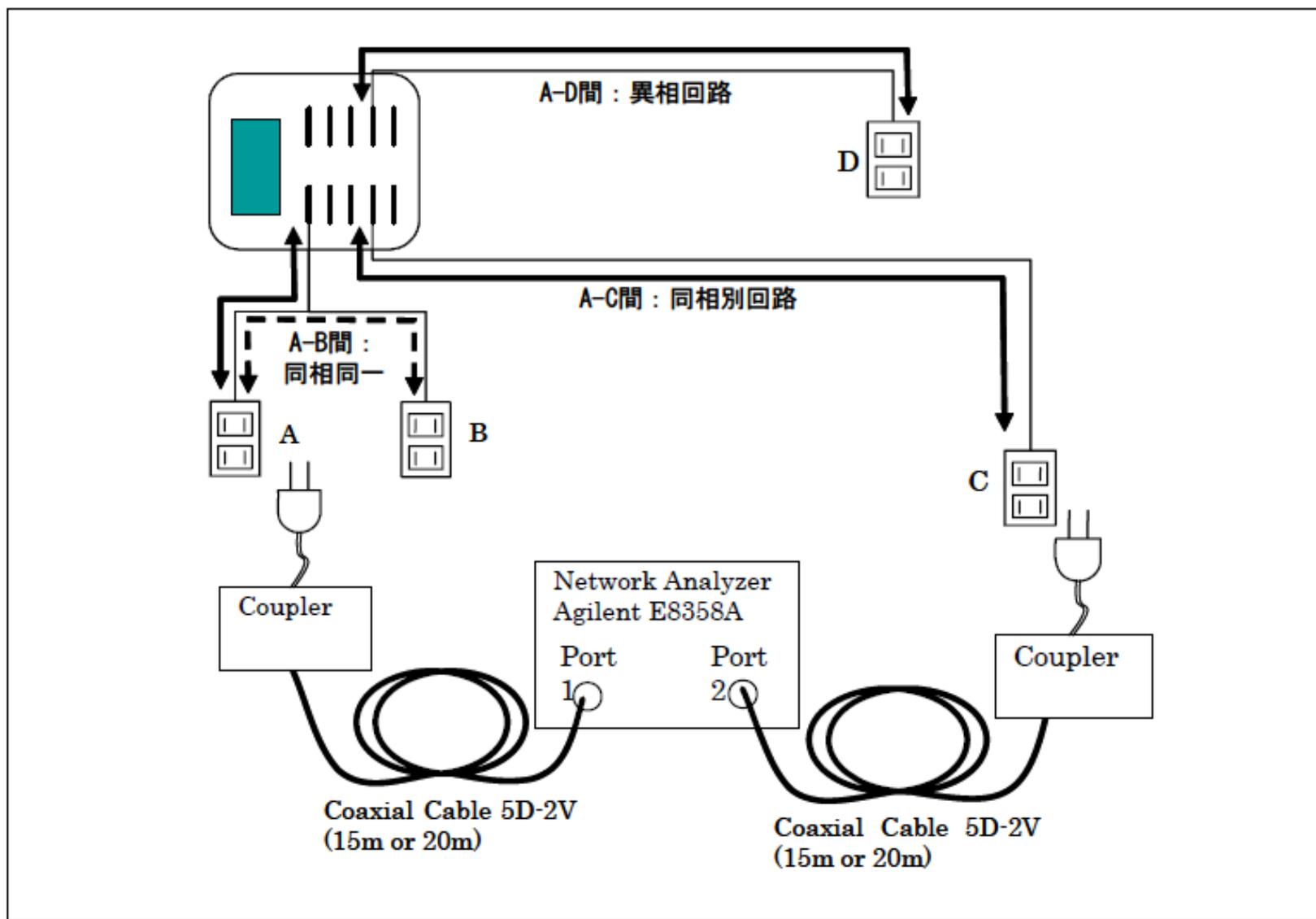


図 5-28 住宅内電力系統伝送特性の測定系

[参考] 一般住宅における柱上トランス～コンセント間伝送特性

平成18年度 情報通信審議会答申 諮問第3号 「国際無線障害特別委員会 (C I S P R) の諸規格について」
のうち 「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」より

5.5.3 住宅から屋外低圧配電線への伝送特性測定結果

住宅から屋外低圧配電線への伝送特性について、図 5-32 に示すように電柱部の柱上トランスの低圧側にコンセントを仮設し、このコンセントと宅内コンセントの伝送特性を測定した。

なお、測定に当たっては、バランの特性を考慮し、入出力間でキャリブレーションを実施した。

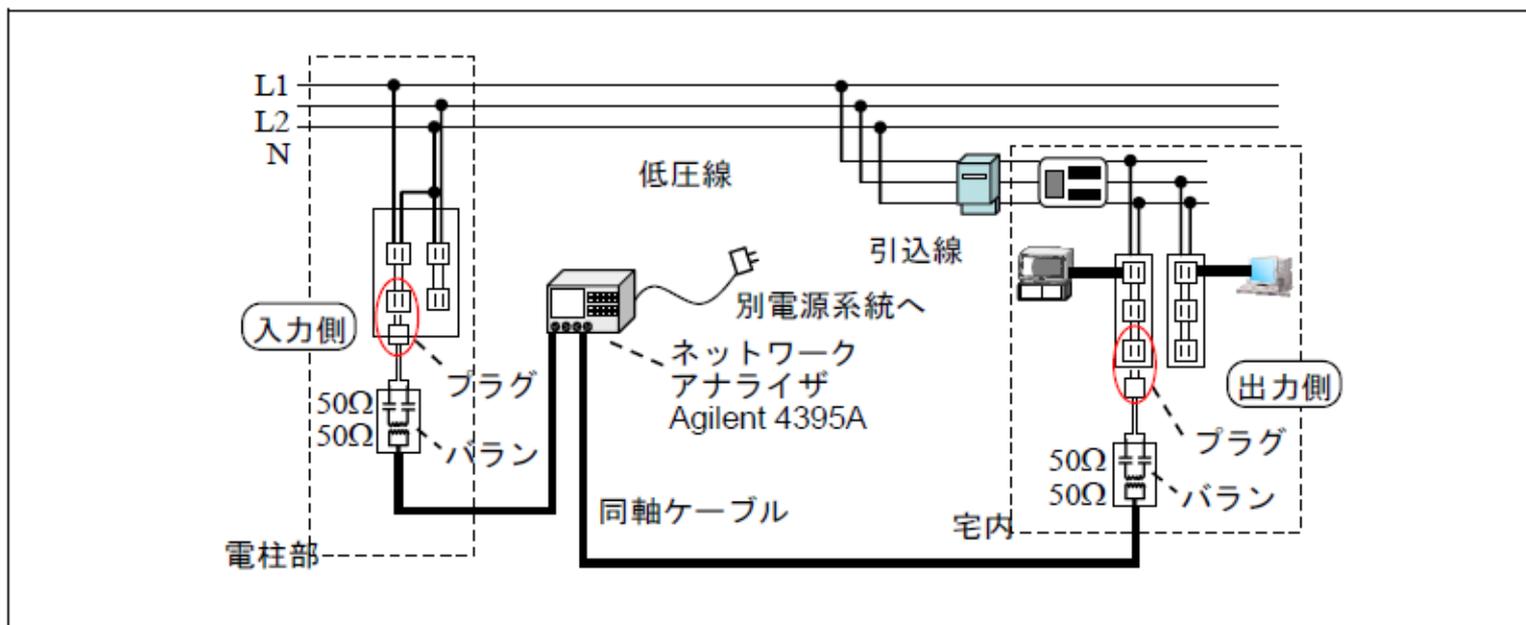


図 5-32 宅内コンセントと屋外配電線間の電力系統

[参考] 一般住宅における柱上トランス～コンセント間伝送特性

平成18年度 情報通信審議会答申 諮問第3号 「国際無線障害特別委員会（C I S P R）の諸規格について」のうち 「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」より

屋外配電線と宅内コンセント間の伝送特性を国内84箇所にて測定した結果を図5-33に示す。
図に示すとおり、宅内コンセントから屋外配電線への信号減衰量は20dB～100dB程度であり、平均の減衰量は40dB～60dB程度であった。

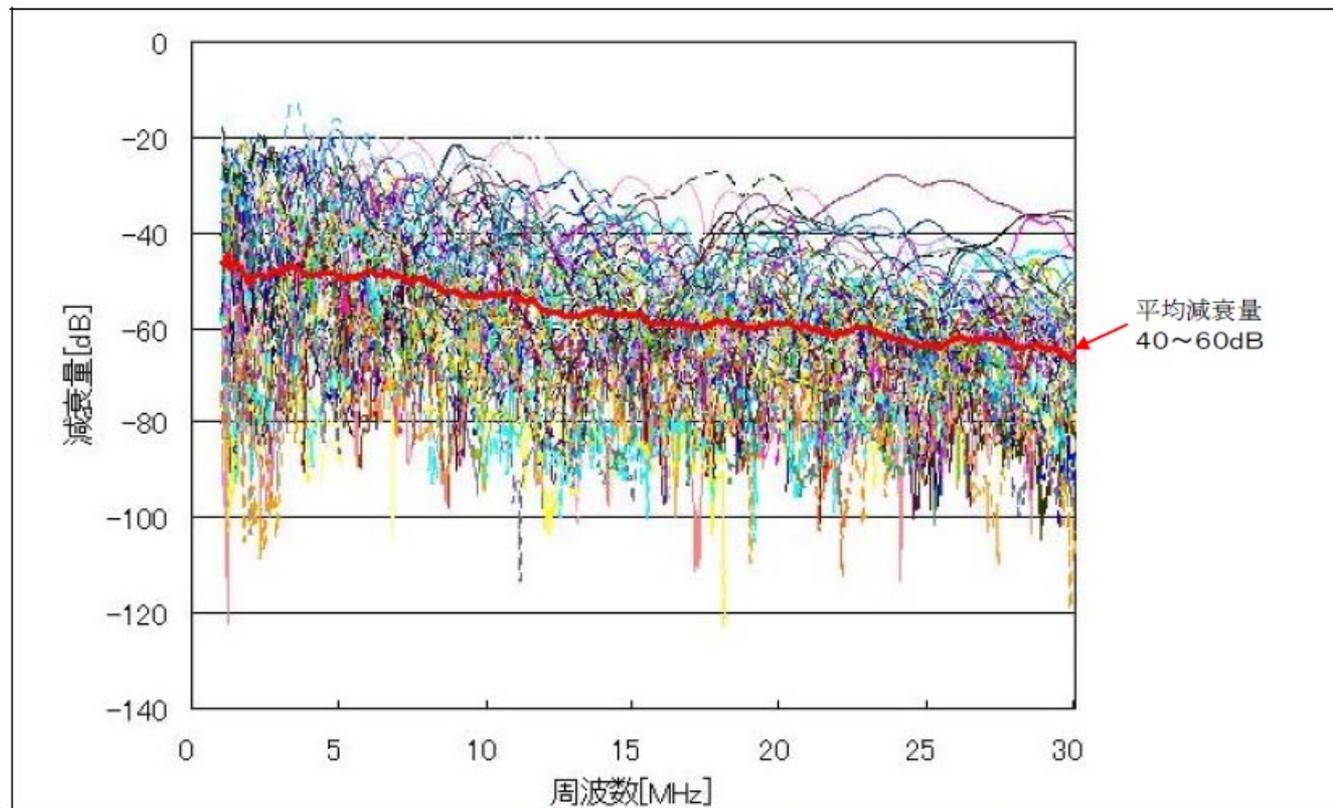


図5-33 宅内コンセントから屋外配電線への伝送特性測定結果

[参考] 屋内PLCの漏洩評価条件

過去の検討では、大地からの1m以上の高さに張られた電力線からの漏洩を評価している

例1～3：平成18年度 情報通信審議会答申 諮問第3号 「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち 「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」および
 例4：平成24年度 情報通信審議会答申 諮問第3号 「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち 「高速電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」より

例1

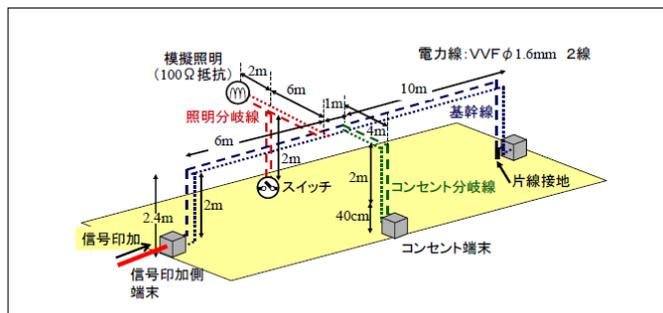


図 5-1 単純化された電力線モデルの構成

例2

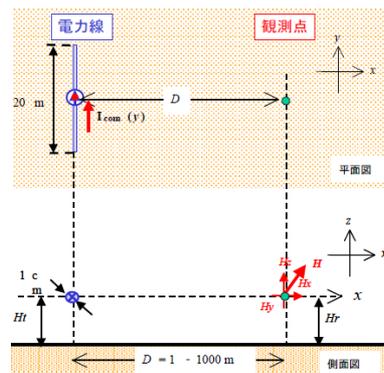


図 5-10 水平設置の電力線モデルと観測点

Ht = 2 m
または 6 m

例3

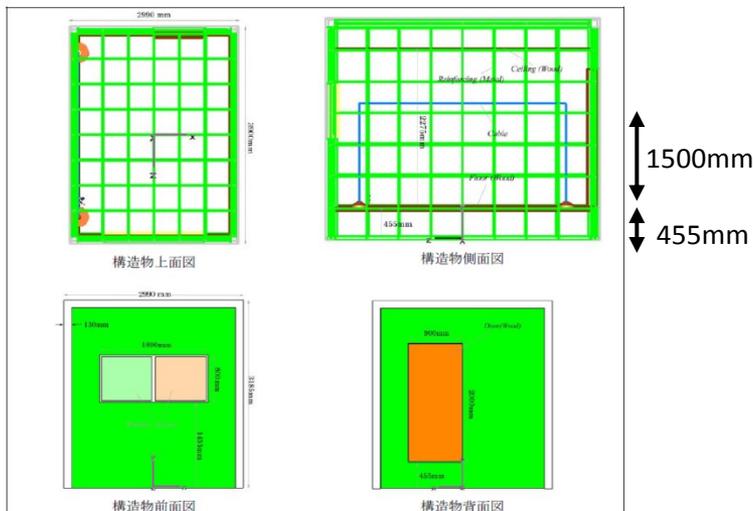


図 5-25 計算モデルの構造 (鉄筋コンクリート構造物)

例4

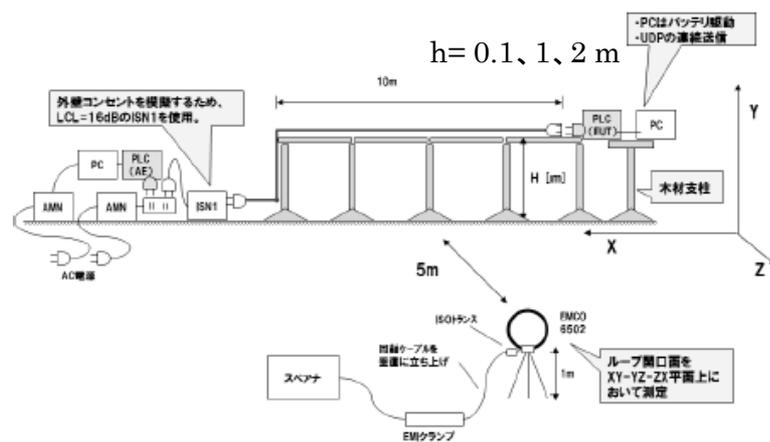


図1.1 電波暗室での模擬実験

[参考] 電力線の高さによる漏洩量の差異

例4：平成24年度 情報通信審議会答申 諮問第3号 「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち 「高速電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」より

屋外広帯域PLC設備における漏えい電界

屋外広帯域PLC設備における漏えい電界の評価を行うに当たり、電波暗室におけるモデル実験、それに対応する数値シミュレーション及び大地グラウンドを考慮したときの数値シミュレーションの結果と予想される事項をまとめた。また屋内広帯域PLC装置を用いた実証実験の結果及びそれに統計的な考察を行うことによって漏えい電界を評価した結果を示す。

1. 電波暗室での模擬実験

屋外広帯域PLC設備からの漏えい電界の状況を把握するために、電波暗室内で、屋内広帯域PLC装置とPCで屋外広帯域PLC設備を模擬した場合での漏えい電界とコモンモード電流を測定した。（詳細は参考資料2.1を参照）

図1.1は電波暗室で行った模擬実験の構成である。模擬屋外広帯域PLC装置が高さHの位置にあり、水平距離10mの架空配線を介して家屋の外壁コンセントを模擬するISN1に接続されている。このとき架空配線の中央から5m離れた位置での漏えい電界を測定した。

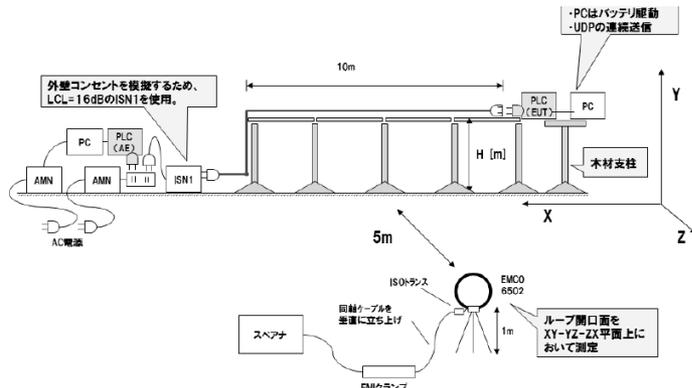


図1.1 電波暗室での模擬実験

この模擬実験の結果例を図1.2に示す（詳細は参考資料2.1を参照）。測定結果から、

- ・ 線路高が低いと漏えい電界は低くなる
- ・ 漏えい電界のピークは、立上り部分を含む配線長がおよそ4分の1波長及びその奇数倍のときである
- ・ この模擬実験における線路高2mと1mの場合において、観測点での漏えい電界は

ほとんど同じであるが、高さ0.1mの場合は、これより約10dB程度低い値で観測されている。

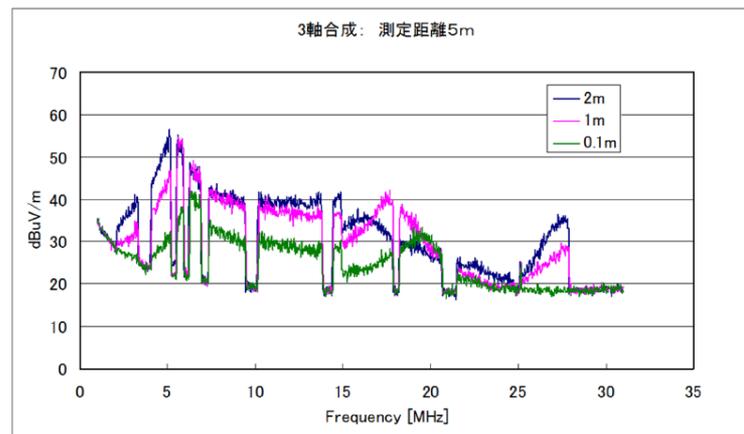


図1.2 模擬実験結果の例