

電波利用環境委員会 高速電力線搬送通信設備 作業班報告 附録 (案)

屋外広帯域PLC設備からの漏えい電界

屋外広帯域PLC設備からの漏えい波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ている。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波を電磁界強度で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設備からの漏えい波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波の電磁界強度とコモンモード電流を測定した。(詳細は、参考資料3.1参照のこと。)

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離れた位置での電磁界を測定した。

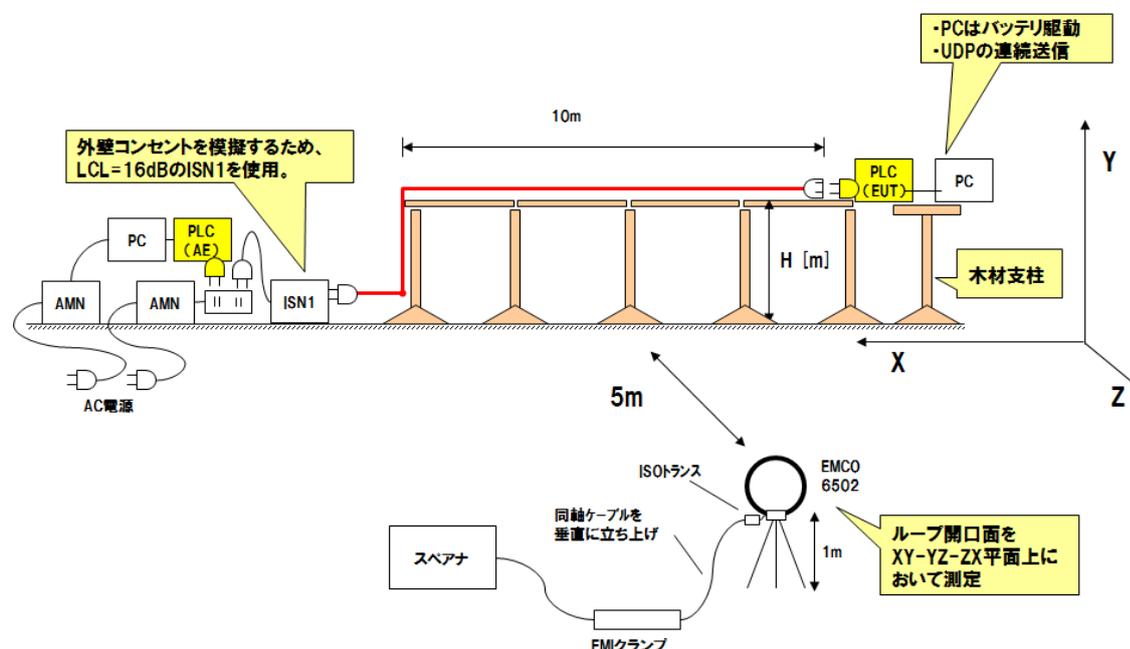


図1.1 電波暗室での模擬実験

この模擬実験の結果例を図1.2に示す(詳細は参考資料3.1を参照)。測定結果から、

- 線路高が低いと漏えい電界強度は低くなる

- ・ 漏えい電界強度のピークは、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強度は、ほとんど同じ程度であり、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。

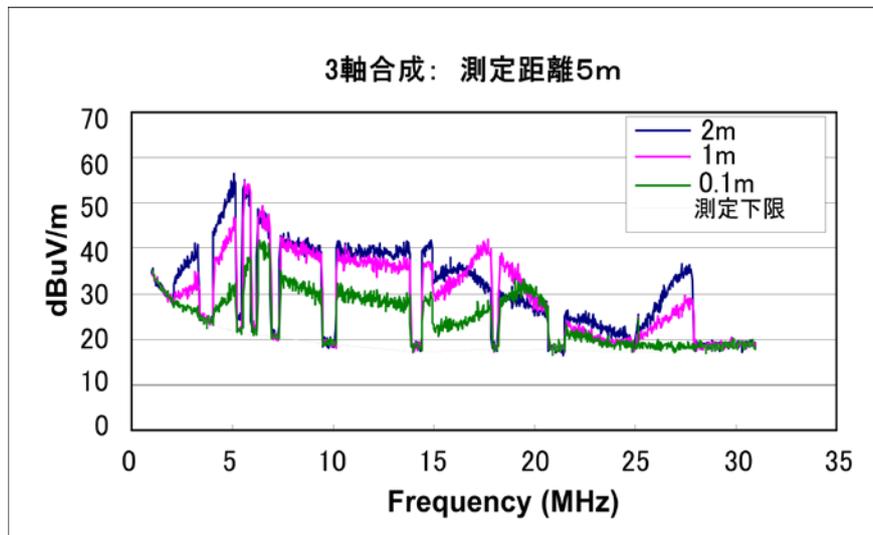


図1.2 模擬実験結果の例

2. 模擬実験の電力線配置に対応する数値シミュレーションによる基本検討

屋外広帯域PLC設備によって発生する漏えい電磁界分布、放射指向性等の基礎的検討として、水平に設置した長さ10メートル程度の屋外電力線を想定したモデル(図1.1に示した模擬実験に対応)を用いて積分形式のMaxwellの方程式(電磁界を表現する方程式)を有限差分する手法のFinite Integration (FI)法による数値シミュレーションを行った。(詳細は参考資料3.2を参照のこと)

2.1 解析モデル

FI法による数値シミュレーションにおける解析モデルは、図2.1に示すとおりである。屋外電力線の右端には、屋外に設置された屋外広帯域PLC装置が接続されていることを想定している。一方、電力線の左端は家屋の電源コンセントに接続されており、家屋電源配線の不平衡によりコモンモード電流が発生すると仮定し、左端にコモンモード励振を模擬した定電圧源(25V)及びコモンモードインピーダンス(25Ω)が接続されている。その際、コモンモード電流のみを考慮するため、完全導体で模擬した電力線は単線(線の半径:0.8mm)とし、被覆誘電体による影響は小さいとして本解析では考慮していない。解析空間は、x軸方向に10m張られた屋外

電力線を中心から延びる垂線とxy平面（グラウンド面、完全導体を仮定）との交点を原点とし、z方向に±15m、y方向に15m、x方向に+20m、-20.2mの立方体であり、グラウンド面を除く5面の吸収境界は4層のPML層を解析空間外側に設置している。屋外電力線の高さ h は、0.1, 1.0, 2.0 (m)の三種類用意し、数値解析を行う。

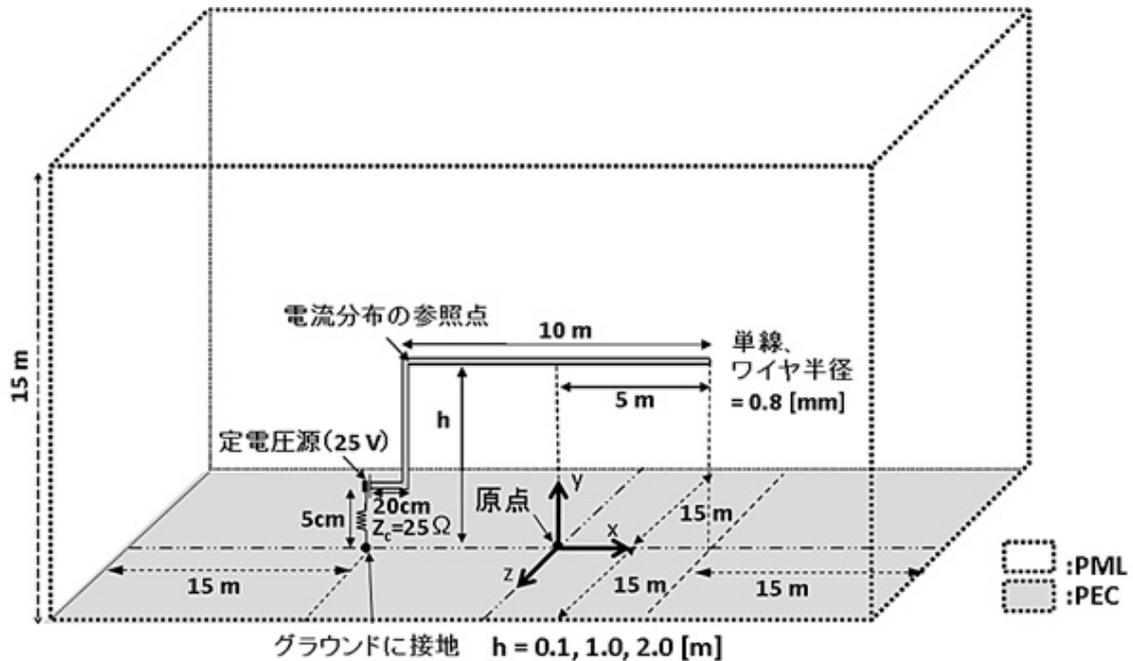


図2.1 解析モデル

2.2 電流分布

数値シミュレーションによって求められた電力線上のコモンモード電流の計算結果を図2.2に示す。他の周波数の結果については参考資料3.2を参照のこと。なお同図における電力線上の位置基準点(電流分布の参照点)は、屋外電力線の水平(10m)に張った部分の左端である(図2.1参照)。同図より、波長の長い2MHz(波長150m)では電流分布は電力線が右端に近づくにつれて単調減少となっているが、波長10mの30MHzでは、水平部のほぼ中央と右端、及び参照点に節がある分布となっている。屋外電力線を空中線とみなしたとき、エレメント(電力線)部分に半波長(5m)ごとの電流の腹節が見られることより、この動作は、先端開放の逆Lアンテナの動作に近いと考えられる。以上の結果より、電力線が波長に比べて長い場合には、電力線上の電流分布に、ほぼ半波長ごとの電流の腹節が現れる。また電力線の高さが1m及び2mに対する結果では、周波数2MHzに比較して30MHzの方が、電流分布の最大値(腹の部分)が大きくなっている。

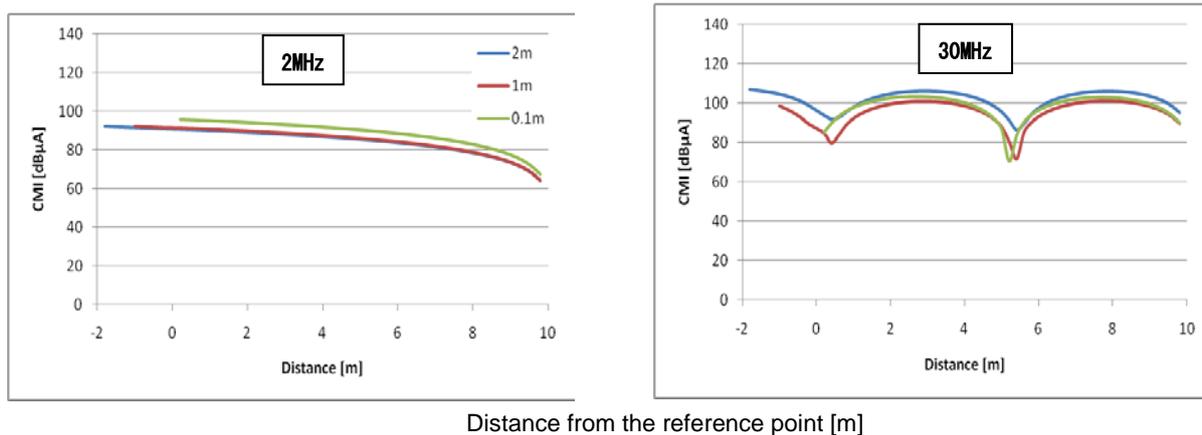
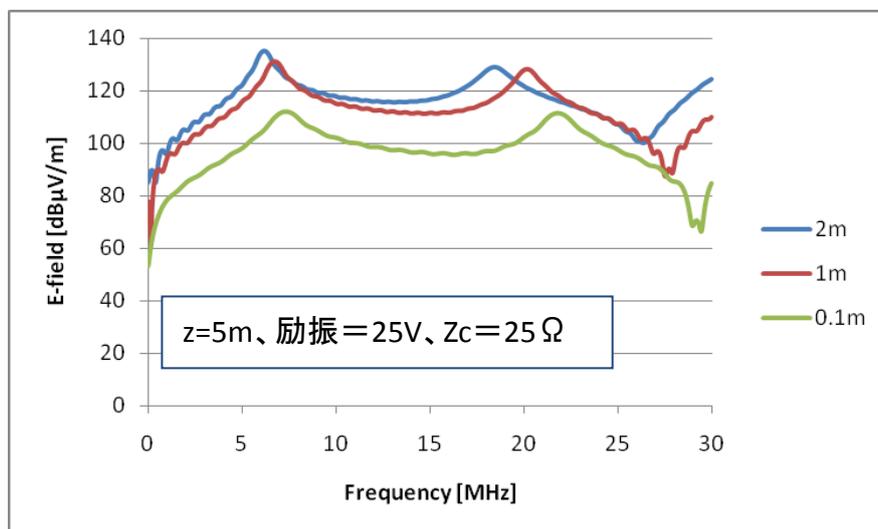


図2.2 電力線上のコモンモード電流計算結果（左：2MHz、右：30MHz）

2.3 電磁界強度

高さ1m、図2.1の参照点よりx方向に5m離れた距離における電磁界強度の計算結果を図2.3に示す。他の距離における結果については参考資料3.2を参照のこと。同図より、同点における電界強度分布と磁界強度分布の周波数特性は異なっており、単純に磁界強度に波動インピーダンスの 120π を乗じた値とは異なっていることが分かる。すなわち、同点の電磁界は放射界以外の成分である誘導界成分が支配的であり、遠方界条件に当てはまらないことが分かる。



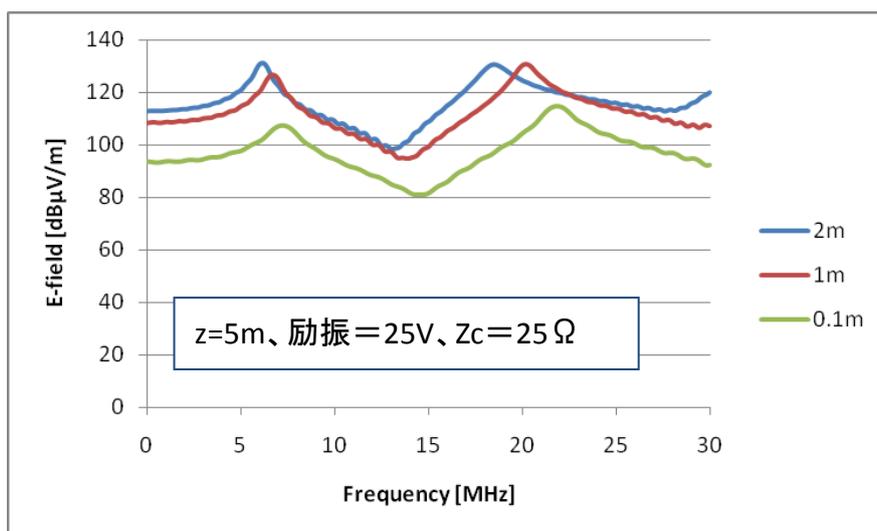


図2.3 電磁界強度（上：磁界強度×120π、下：電界強度）

2.4 磁界分布

観測面を図2.1のxy面とし、電力線からの距離を5mとしたときの磁界分布の計算結果を図2.4～図2.6に示す。図2.4と図2.5を比較すると、電力線の高さが高い方が全体的に磁界強度の大きいことが分かるが、磁界分布については周波数が同一であれば類似した分布を示すことが分かる。周波数が30MHzの場合、給電点がエレメント端部に存在する場合の1波長線上アンテナの放射パターンのようにビームが左右に分かれる。また図2.6は周波数が2MHzの場合の磁界分布であるが、30MHzの場合のような鋭いビームは現れない。

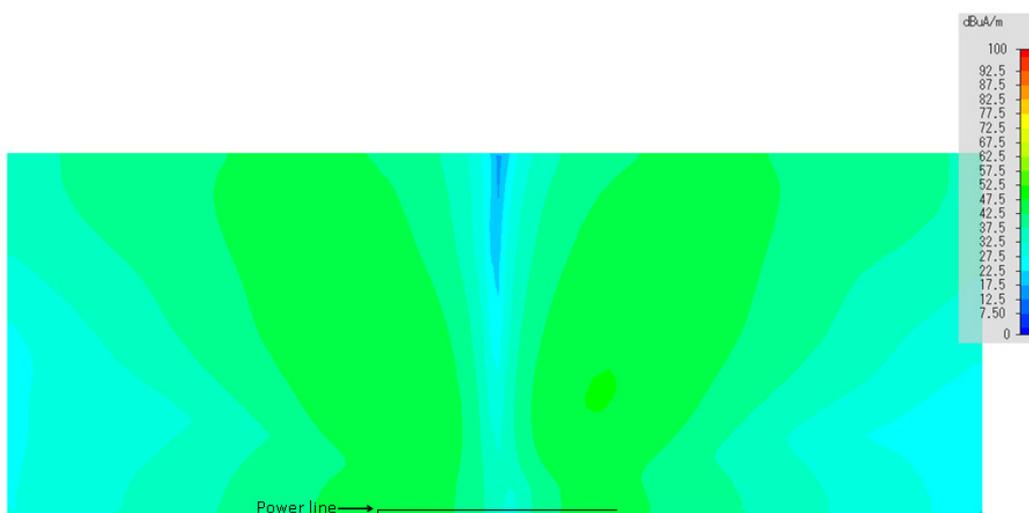


図2.4 磁界分布（電力線高さh = 0.1 m, f = 30 MHz, z = 5 m）

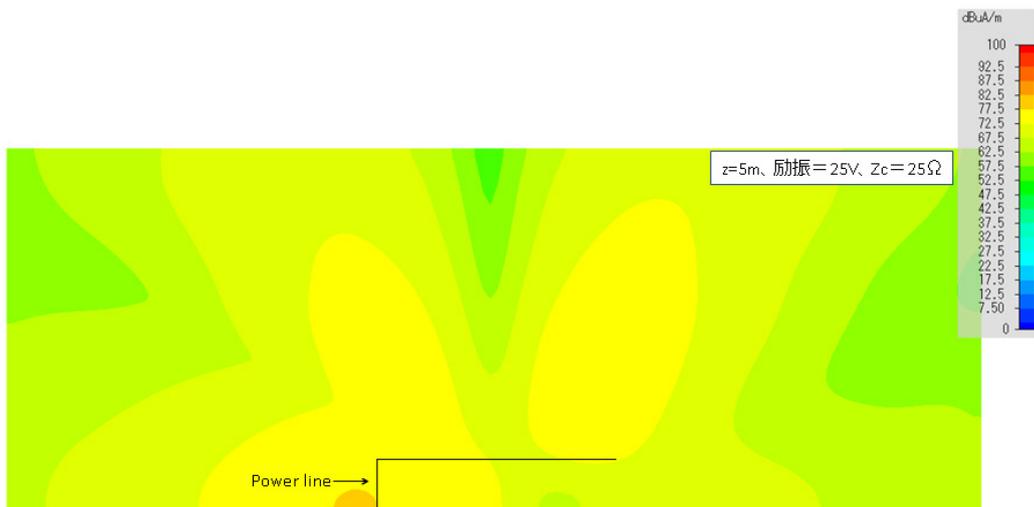


図2.5 磁界分布（電力線高さ $h = 2$ m, $f = 30$ MHz, $z = 5$ m）

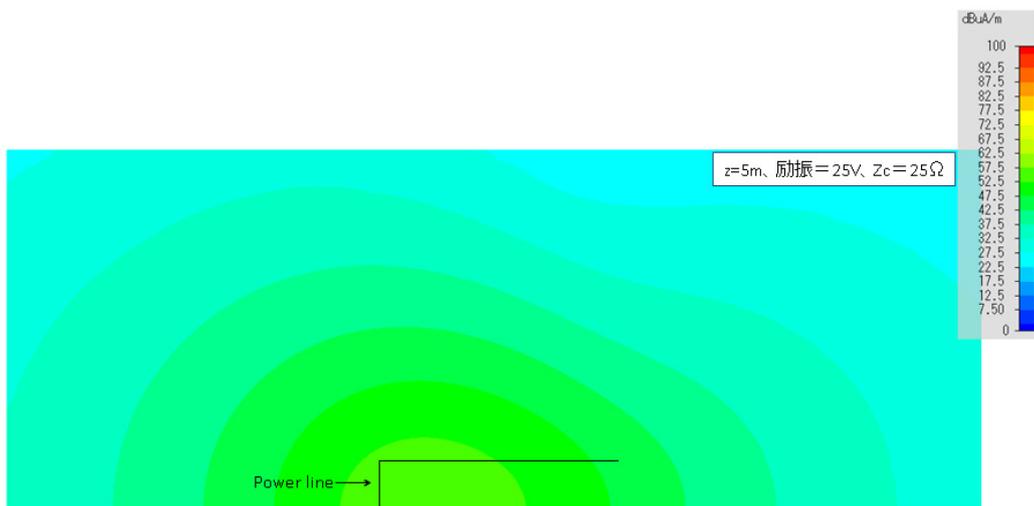


図2.6 磁界分布（電力線高さ $h = 2$ m, $f = 2$ MHz, $z = 5$ m）

2.5 まとめ

屋外広帯域PLC設備により発生する電磁界とコモンモードの電流分布についてFI法を用いた数値計算を行った。単線でモデル化した電力線的一方（屋外コンセント側）を定電圧源で励振し、得られた結果を以下に示す。

- 電力線高が低い場合には、電流が同程度であっても漏えい電磁界強度は低い。
- 電力線高が波長に比べて長い場合には、電力線上の電流分布に、ほぼ半波長ごとの電流の腹節が現れる。
- 電力線からの距離10m程度の範囲内では、電界強度分布と磁界強度からの換算値（ $120\pi \times H$ ）の分布は異なり、近傍界の領域である。
- 電力線の総延長（垂直部分含む）が、おおむね $\lambda/4$ 、 $3\lambda/4$ に相当する周波数に

において、電流および周囲の電磁界強度が増大する。(参考資料3.2を参照)

- 磁界強度の分布や最大となる位置は、周波数や電力線の高さによって大きく異なる。

特に、周波数が高くなると、周囲の磁界強度分布は場所による変化が大きくなる傾向がある。

以上のまとめは、簡略化したモデルを用いた数値シミュレーションの結果と模擬実験で得られている測定結果の傾向と一致しており、屋外の電力線からの漏えい電波の状況を把握するのに有効と言える。

3. 様々な屋外電力配線状況を模擬した数値シミュレーションによる漏えい電磁界の検討

現実の屋外広帯域PLC設備の電力配線は様々な形状となることが考えられる。漏えい電波が懸念される代表的なモデルを考え、数値シミュレーションで漏えい電磁界の基本的な性質を検討した。

2.での数値シミュレーション手法のFI法は、厳密な計算が行えるが、この種の計算を行うには非常に大きな計算資源と計算時間が必要である。このため線条アンテナの類に有効なNEC2(モーメント法)と呼ばれる数値計算プログラムソフトを採用して計算を行った。以下に模擬実験結果との比較を示す。

図3.1は、図1.1の模擬実験での電力線上の電流分布の測定結果と、図3.2は、観測点での磁界強度特性である。これらにおいてシミュレーション結果は使用した屋外広帯域PLC装置のDM出力電圧および周波数特性を補正している。

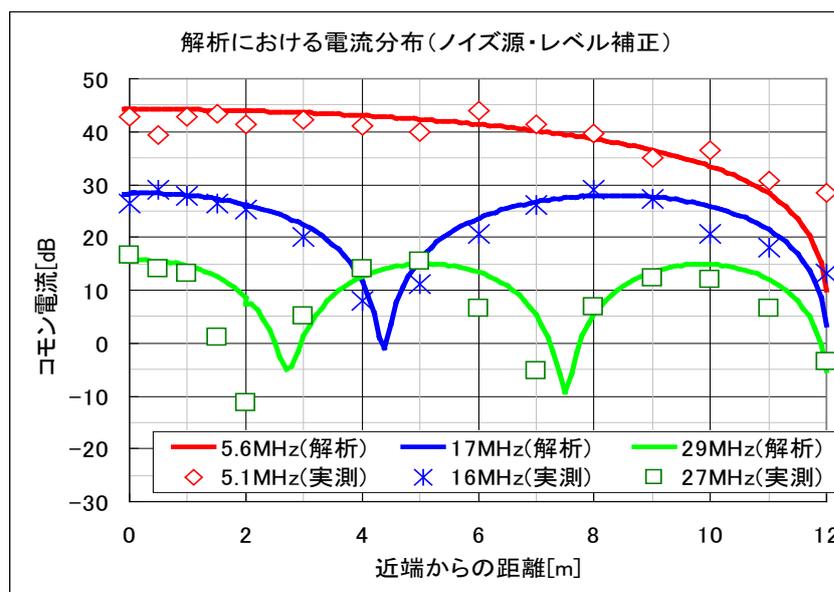


図3.1 模擬実験での電力線上の電流分布特性例：
測定結果と NEC2 によるシミュレーション結果の比較

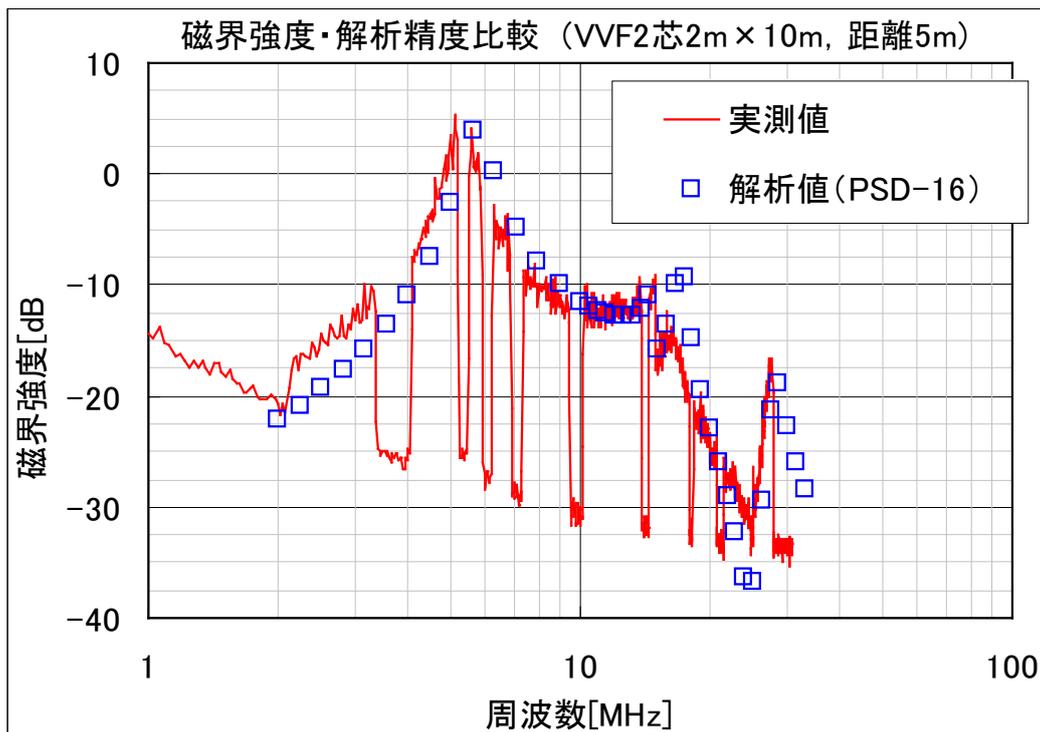


図 3.2 模擬実験における観測点での磁界強度結果と NEC2 によるシミュレーション結果との比較

以上の結果は良い一致があり、複雑な線路構成や実験が不可能な観測点での解析結果が NEC2(モーメント法)による手法を用いると有効な漏えい電波の電磁界強度特性、評価等に適用できると言える。

数値シミュレーションを行う電力線の配線モデルには、実際の防犯カメラの配置状況として最も多いと予想される例を模擬した(a)逆L形配線モデル、特定方向への漏えいが懸念される(b)傾斜配線モデル、最も漏えい電波が放射され则认为られる(c)垂直配線モデルの3つを選定した。これらの数値計算シミュレーションにおいては、グラウンド面を完全導体面(完全グラウンド面)とした場合と、実際の大地をモデルとするITU-R P. 527-3によるWet Groundモデルの電気定数(導電率0.01、比誘電率30)を考慮した場合で計算を実施した。また、電力線が共振する周波数で大きな漏えい電波の電磁界が生じることから、共振周波数を与えた場合における計算結果の一部を次に示す。

注：屋外広帯域PLC設備が対象とする周波数帯域での電界強度測定は、一般に3方向の磁界強度を測定し、合成磁界Hから合成電界強度を $E=120 \pi H$ で評価することで行われている。この換算法を適用したときは、縦軸がH(dB μ V/m)で表示してある。

(a) 逆L形配線モデル

図3.3が逆L形配線モデルである。次に示す数値シミュレーションでは、電力線が水平距離 $L=30\text{m}$ 、線路高 $H_t=4\text{m}$ の架空線である。観測点は、高さ $H_r=2\text{m}$ で、電力線から 10m 離れた線路上に沿った点(x で表示)である。

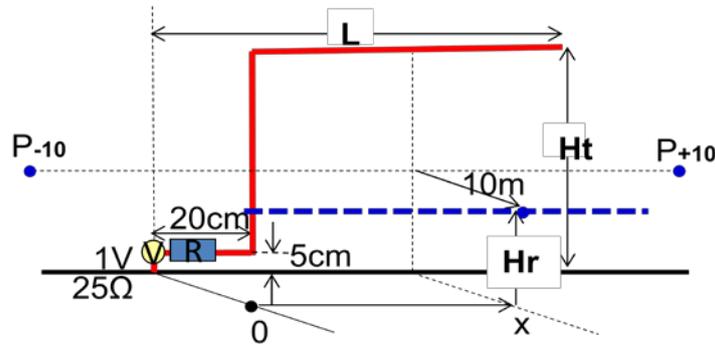
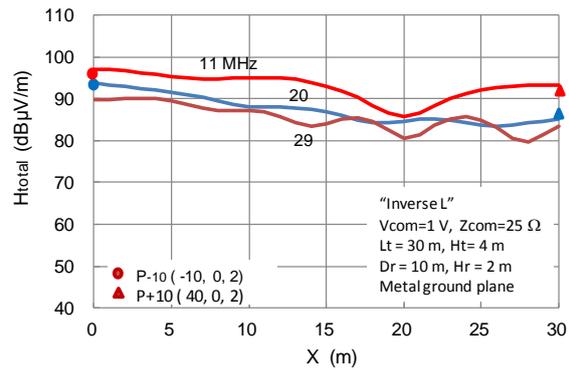
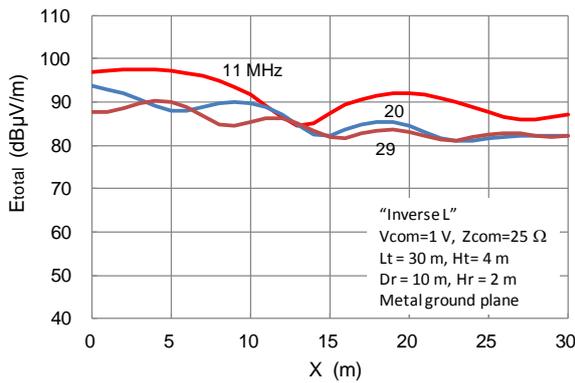
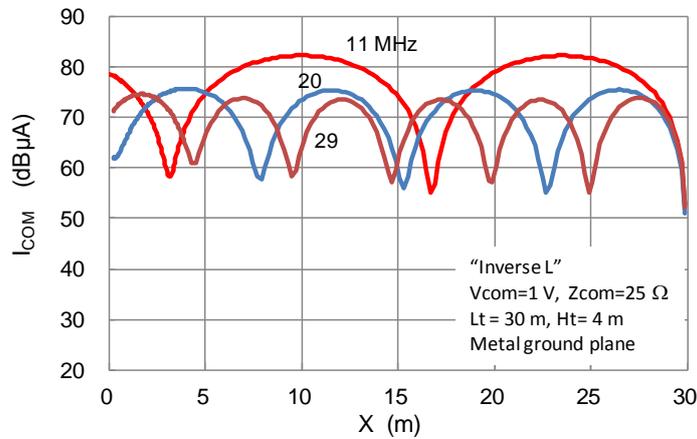


図3.3 逆L形配線モデル

完全グラウンド面の場合：



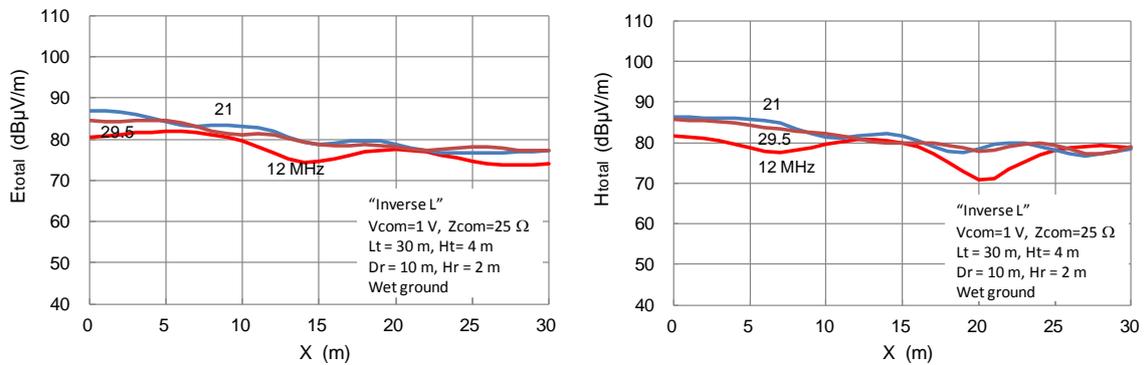
(a) 直接求めた電界強度特性の例 (b) 磁界強度から換算による電界強度特性の例



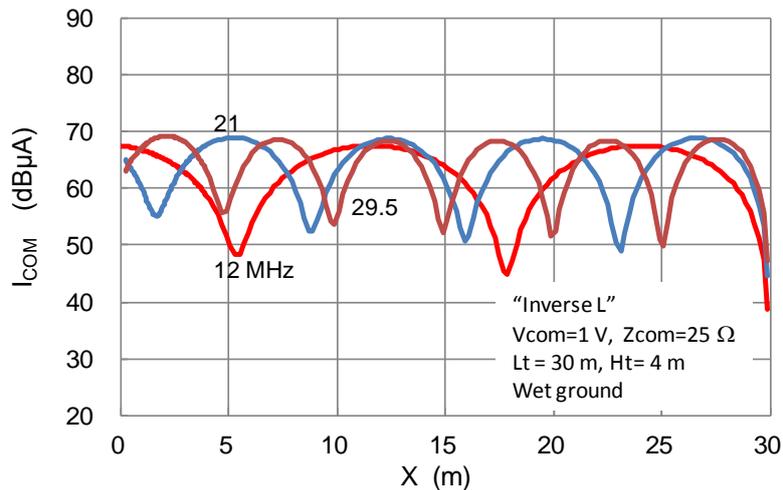
(c) 線路上の電流分布特性の例

図3.4 完全グラウンド面上の逆L形配線モデル

大地(Wet Ground 条件)面の場合：



(a) 直接求めた電界強度特性の例 (b) 磁界強度から換算した電界強度特性の例



(c) 電流分布特性

図3.5 大地面上の逆L形配線モデル

以上の特性は、完全グラウンド面上の電力線と大地面上の電力線を比較すると、漏えい電磁界強度レベルも電流分布も大地面上の場合が小さくなっている。

ここで計算した逆L形配線モデルでの漏えい電波は、電力線の舷側から10mの位置でのシミュレーション結果である。屋外広帯域PLC装置が接続される側が回路的には開放になっていることから、この方向での漏えいが懸念されるため、大地面の場合について、仰角指向性と方位角指向性を求めた。これが図3.6及び図3.7である。

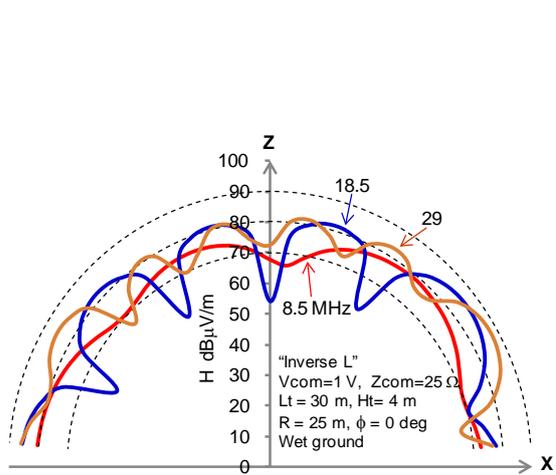


図3.6 仰角方向指向特性

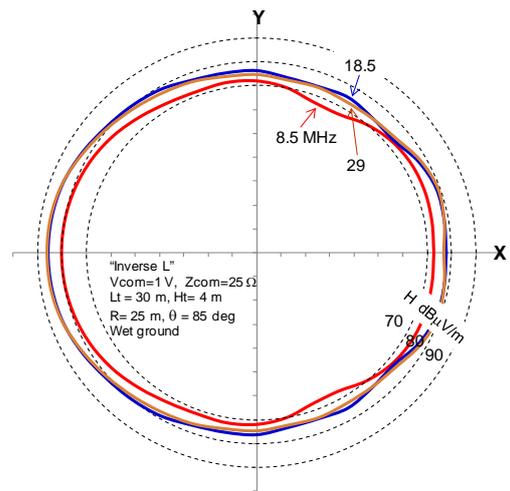
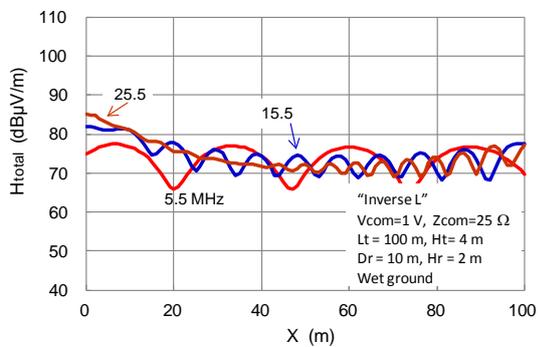


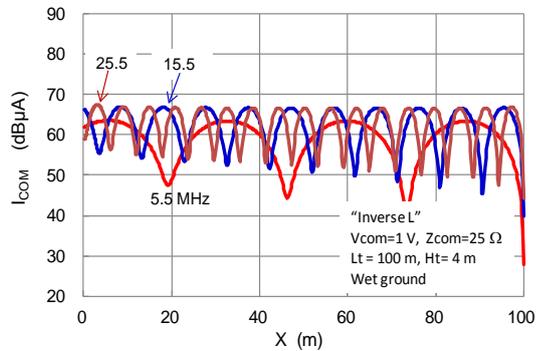
図3.7 方位角方向指向特性

図3.6及び図3.7の指向性特性からは、周波数が高くなるとローブ(突出部)が多くなるが、そのピーク値が非常に大きくなることはないことを示唆している。また線の前後比は電源側が数dB大きくなる傾向を示している。

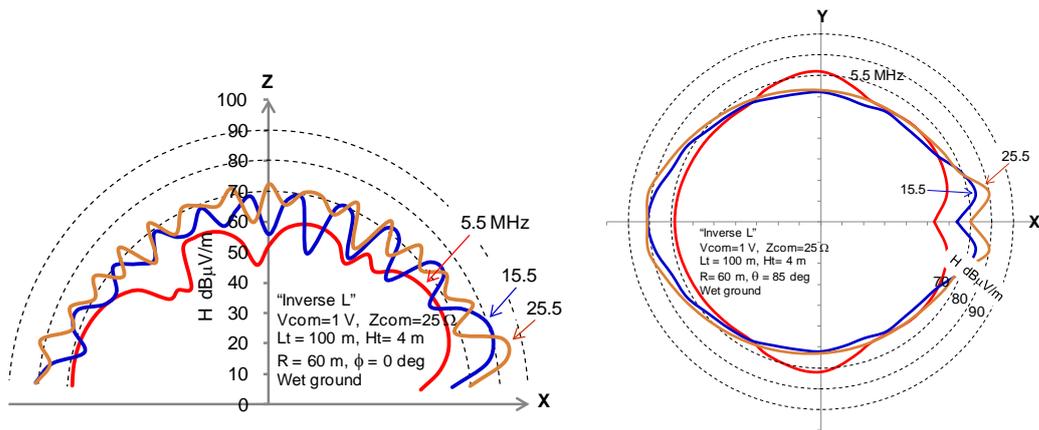
さらに水平電力線部分が長くなった例として、 $L=100\text{m}$ で大地面の場合の計算例を図3.8に示す。



(a) 磁界強度から換算した電界強度特性



(b) 水平線路上での電流分布特性



(c) 仰角方向の指向特性

(d) 方位角方向の指向特性

図3.8 逆L形配線モデル：大地面上の水平電力線長100m

この結果は、電力線長が長いと指向特性にはローブ(突出部)が多くなってくる。しかし、その極大値が非常に大きくなるわけではない。

(b) 傾斜配線モデル

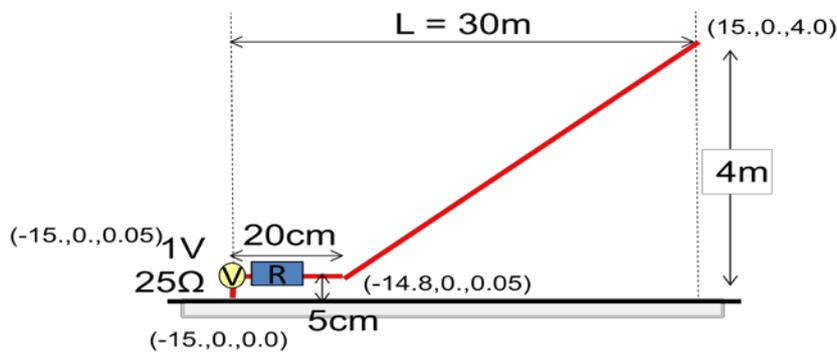
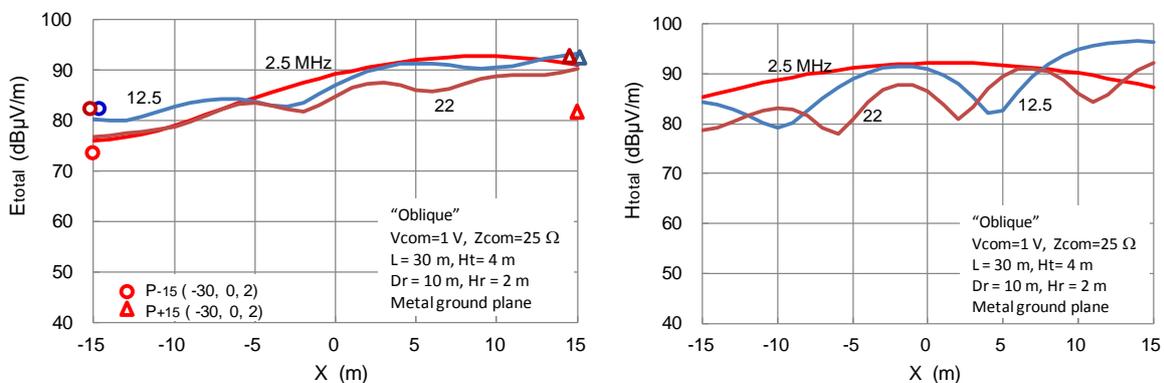


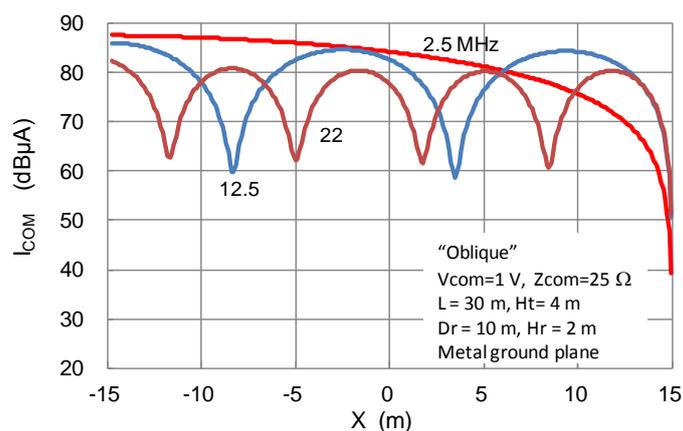
図3.9 傾斜配線モデル

完全グラウンド面の場合：



(a) 直接求めた電界強度特性

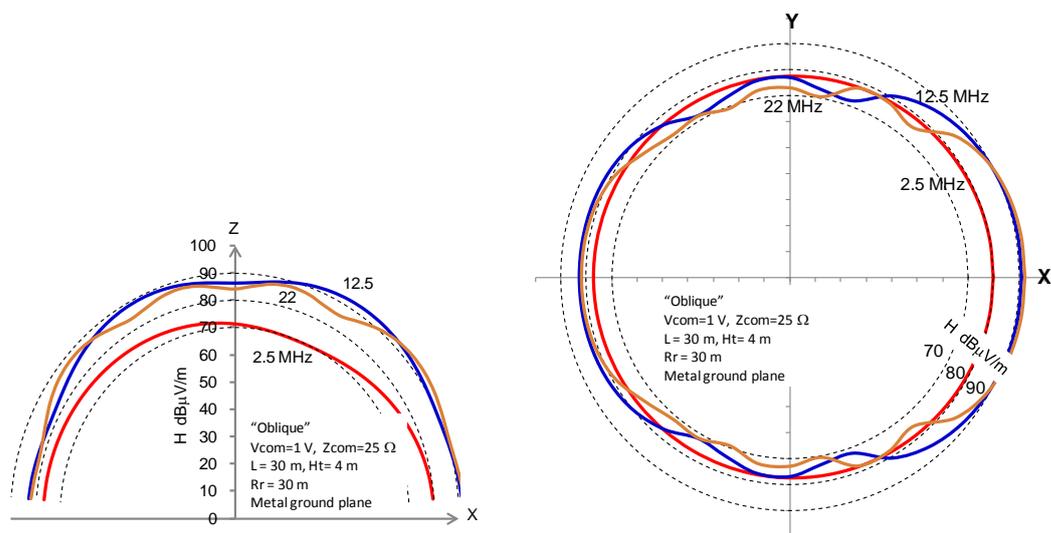
(b) 磁界強度から換算した電界強度特性



(c) 電流分布特性

図3.10 完全グラウンド面上の傾斜配線モデル

このときの仰角と方位角方向の指向性特性は次のようになる。



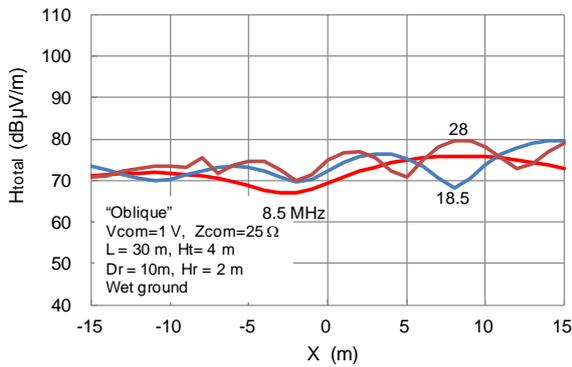
(a) 仰角方向の指向特性

(b) 方位角方向の指向特性

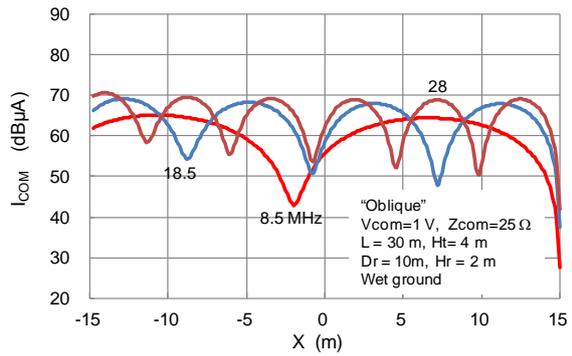
図3.11 完全グラウンド面上の指向特性

この指向性特性から、前後比で数dBから10dB、線の真横と開放端側の比で10dB程度の差があることが予測される。

大地面の場合：



(a) 磁界強度から換算した電界強度特性



(b) 電流分布特性

図3.12 大地面上の傾斜配線モデル

(c) 垂直配線モデル

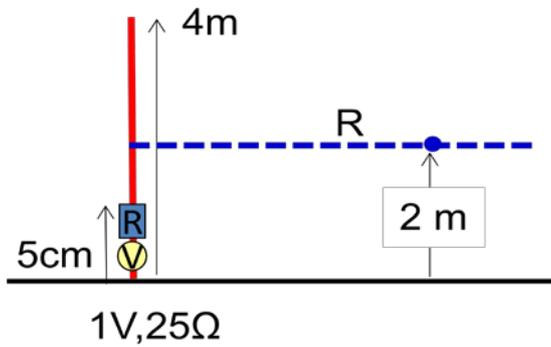
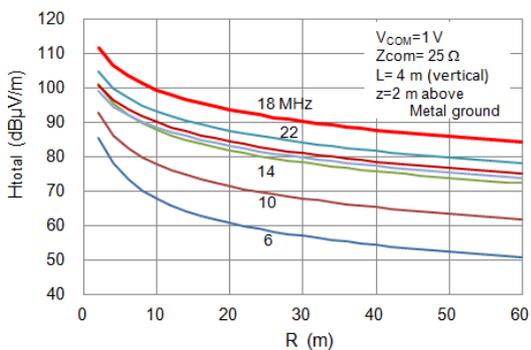
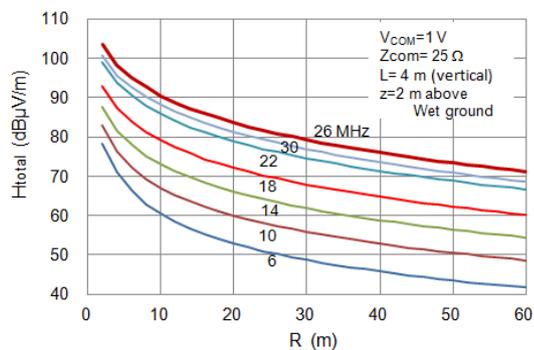


図3.13 垂直配線モデル

この配線モデルは、モノポールアンテナと同様の構造である。以下の計算シミュレーションの結果は、共振周波数は漏えい電磁界強度が最大値を示しているものだけであり、他の周波数成分は共振してはいない。



(a) 完全グラウンド面



(b) 大地面

図3.14 垂直線モデルでの磁界強度から換算した電界強度の距離特性
(最大レベルの特性のみが共振周波数している)

以上(詳細は参考資料3.3参照)の計算シミュレーション結果をまとめると、次表のようになる。

表3.1 計算シミュレーション結果のまとめ

Vcom=1 V (120dB μ V) Zcom = 25 Ω		Metal Ground Plane		Wet Ground				電流 (dBmA) Metal-Wet	電磁界強度 (dBmV/m) Metal-Wet
		電流 max (dB μ A)	電磁界強度 max (dB μ V/m) Dr=10m, Hr=2m	電流 max (dB μ A)	電磁界強度 max (dB μ V/m) Dr=10m, Hr=2m				
4m-垂直線	f \leq 15 MHz	68.8	88.5	75.7		73.1			
	f>15 MHz	84.4	99.4	71.5		90.5			
10m-L	f \leq 15 MHz	88.7	100.2	68.2		82.0			
	f>15 MHz	79.8	95.6	70.2		87.0			
30m-L	f \leq 15 MHz	82.9	97.1	67.4		81.7			
	f>15 MHz	76.4	93.8	69.4		86.0			
100m-L	f \leq 15 MHz			61.8		77.4			
	f>15 MHz			67.4		85.0			
30m-斜線	f \leq 15 MHz	87.5	96.4	66.0		75.9			
	f>15 MHz	85.8	92.2	70.6		79.5			
平均値	f \leq 15 MHz	82.0	95.6	67.8	+7.9 / -6.0	78.0	+4.0 / -4.9	14.2	
	f>15 MHz	81.6	95.3	69.8	+1.7 / -2.4	85.6	+4.9 / -6.1	11.8	
			f \leq 15 MHz	1 mAの時		70.2			
			f>15 MHz	1 mAの時		75.8			

以上のシミュレーション結果から、

- ・ 金属大地(完全グラウンド)面に比べて、一般大地(Wet Ground)の方が、電流(コモンモード電流に対応)、電磁界強度は共に10dB以上低下する。
- ・ 共振周波数は、一般大地では上昇する。
- ・ 配線長に関する共振周波数で漏えい波(電磁界強度)は大きくなる。
- ・ 電力線長が長くなればなるほど指向特性に多くのローブ(突出部)が発生するが、その極大値が非常に大きくなるものではない。

現実の大地面の電気特性は特に水分の含有量に左右され、場所による違いがあるが、その傾向は同じであると考えられる。

4. 実証実験結果と考察

仮に決めた許容値案が妥当であるかを調べるために、現状の屋内広帯域PLC設備の許容値を満足する屋内広帯域PLC装置を設置して動作させ、その周囲で漏えい波の電界強度を測定した。

測定する屋外広帯域PLC設備は、カメラと電気自動車を想定し、屋外電力線から水平方向に、屋外広帯域PLC装置の周囲8方向及び屋外広帯域PLC装置と通信を行う屋内広帯域PLC装置を設置した建物の周囲8方向の地点で測定した。(詳細は参考資料5.1参照)

4.1 実証実験場所

構成員から提案された実証実験場所のうち、(1)電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(東京都調布市)、(2)HD-PLC検証ハウス(福岡市)を選定した。この実証実験は構成員に公開された。

平成17年「高速電力線搬送通信に関する研究会」報告書においては、離隔距離として商業地域において、10mを採用している。屋外広帯域PLC装置においてもこれを踏襲する。主な放射源が屋外に架設される電力線であることから、家屋のみならず電力線から10mの間隔をも離隔距離とする。

4.2 実測結果と統計処理

実証実験場所と選定した電気通信大学多摩川グラウンド管理棟においては、屋外広帯域PLC設備としてカメラのみを想定するモデルで実施し、HD-PLC検証ハウスにおいては、カメラモデルと電気自動車用充電システムモデル(EVモデル)での測定を行った。

一般に、雑音観測は場所によって異なり、さらに時々刻々と変動している。このためPLC設備の漏えい電波による雑音(ここでは電界強度)の変化分の程度を定量的に知る手法として、観測される電界強度の累積確率分布を調べた。PLC非動作時(以下「PLC非動作時」という。)の電界強度とPLC動作時(以下「PLC動作時」)の電界強度の累積確率分布を、15MHz以下の帯域と15MHz以上の帯域とに分けて求めた。

さらに、観測結果は、通信波が非常に大きいため、通信波成分が少なく、かつPLC設備の漏えい電界強度が大きくなっている帯域を選定して、PLC非動作時と動作時でのそれぞれの電界強度の平均をとり、その差分を評価した。この場合は、評価点数がそれほど多くはないが、PLC設備の漏えい電界強度成分を定量的に評価する指標になると考える。

4.2.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(カメラモデル)

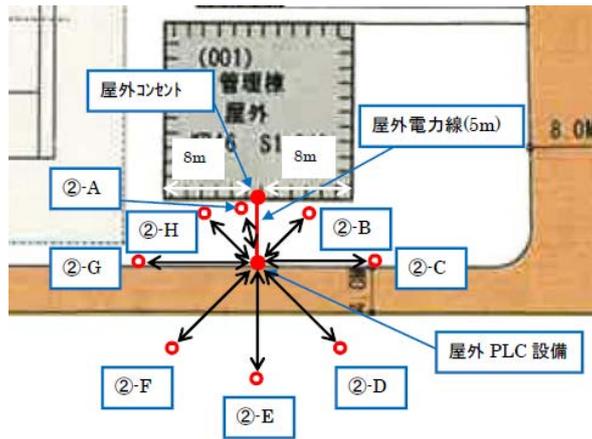
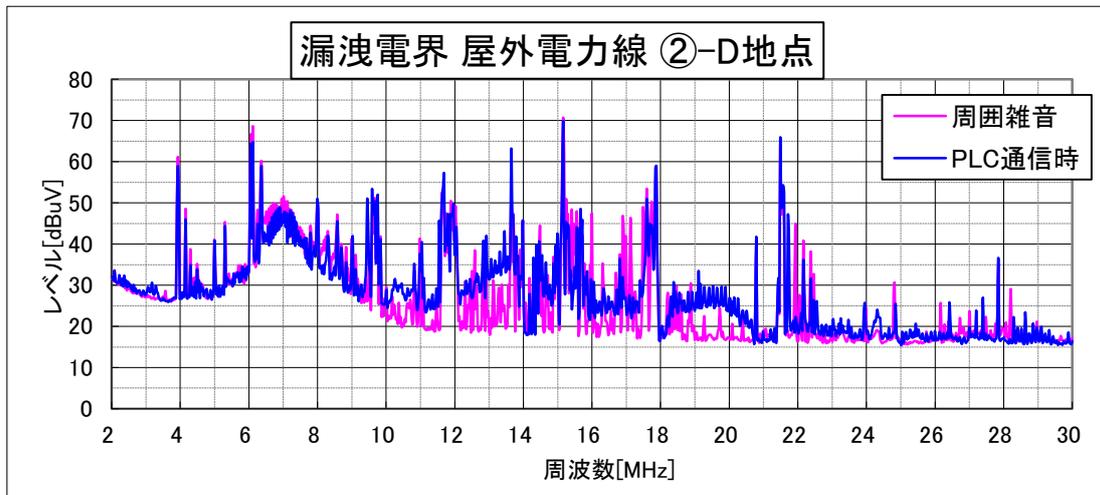


図4.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)

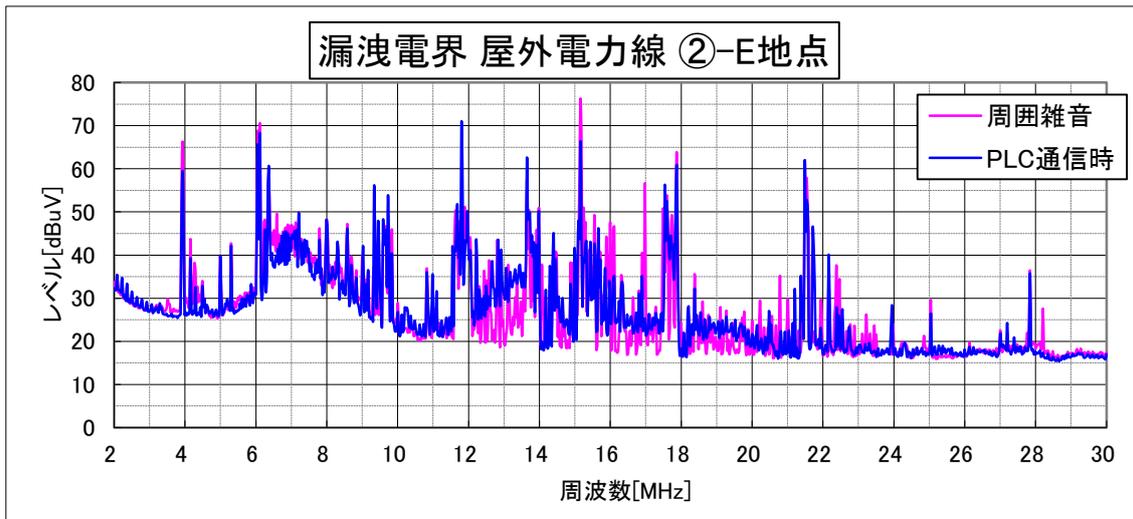
図4.1において、離隔距離10mを満足する位置は、②-D、②-E、②-F地点である。

(a) 測定データ

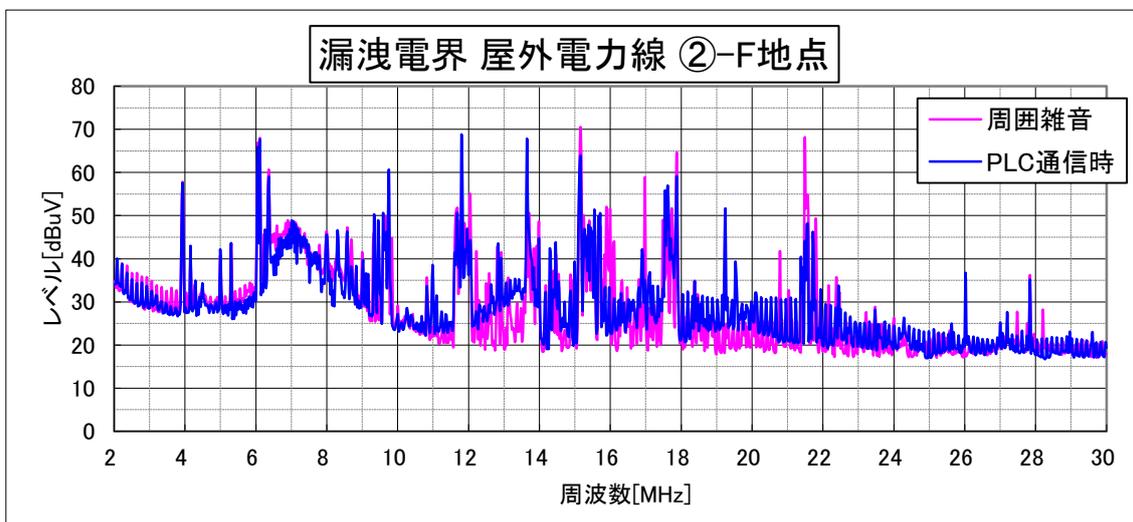
PLC非動作時に観測される電界強度を周囲雑音として赤で、PLC動作時の電界強度を青で表記(以下同様)した測定結果を以下に示す。



(a)



(b)



(c)

図4.2 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)の測定結果

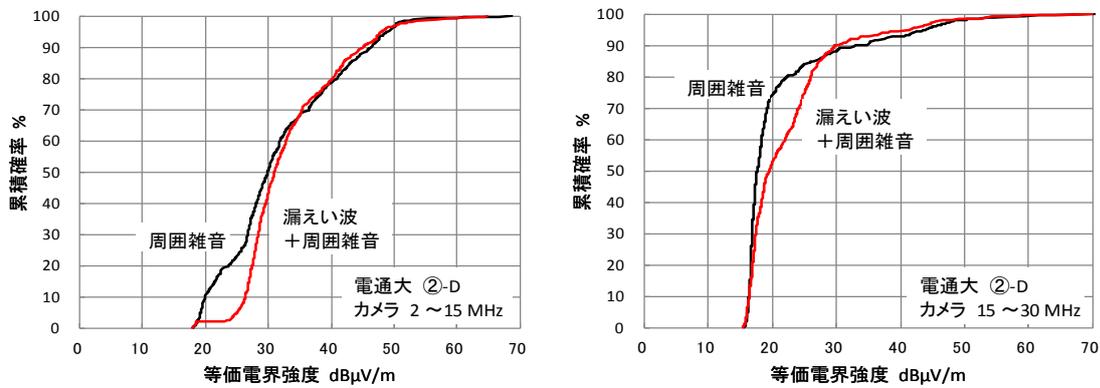
この測定結果では、13MHz付近で周囲雑音より数dB上昇している。このモデルでは、壁面(屋外)コンセントから屋外広帯域PLC装置までの電力線の全長は約6.7mであるので、この長さを4分の1波長とする周波数は約11MHzである。しかし、数値シミュレーションの結果から、不完全なグラウンド面(大地面)では、理想的な共振周波数より上昇することが分かっている。

したがって13MHzの現象は電力配線の共振に起因していることが考えられる。

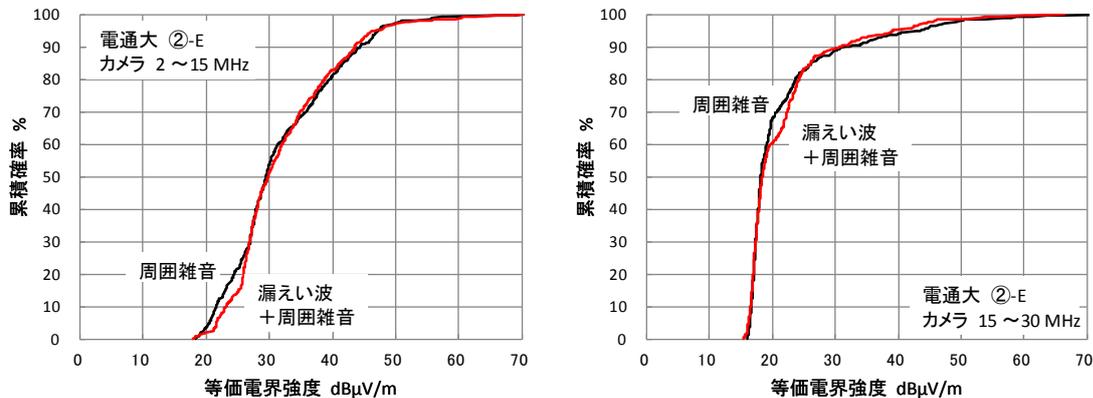
(b) 累積確率分布特性

図4.2の実測結果から求められる累積確率分布を図4.3に示す。PLC非動作時を黒の曲線(“周囲雑音”と表示)とPLC動作時を赤の曲線(“漏えい波+周囲雑音”と表示)で示している(以下同様)。

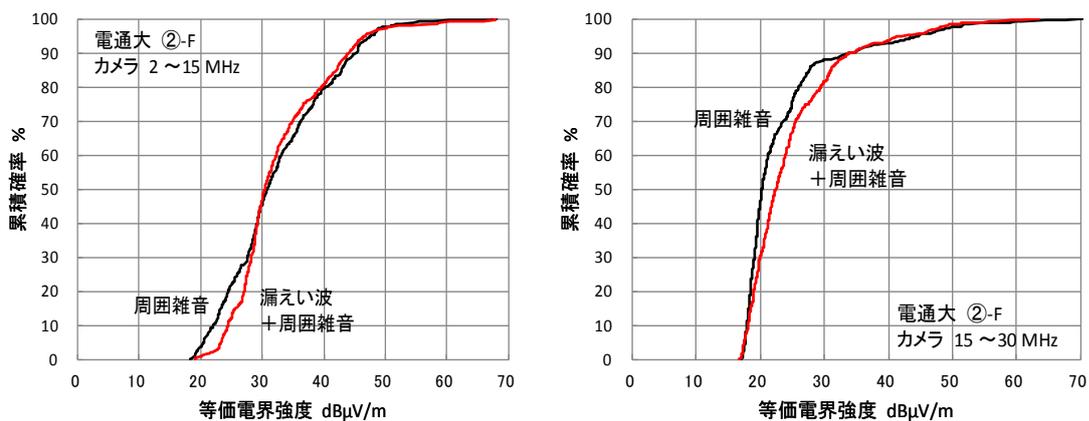
(注：電界強度はループアンテナで測定される値を換算してあるので、値は等価電界強度として表示されている。)



(a) 測定位置②-D : 左図が15MHz以下、右図が15MHz以上の帯域



(b) 測定位置②-E : 左図が15MHz以下、右図が15MHz以上の帯域



(c) 測定位置②-F : 左図が15MHz以下、右図が15MHz以上の帯域

図4.3 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での累積確率分布特性

図4.3に示した累積確率分布特性から以下のことが言える。

- (1) PLC非動作時の電界強度は周囲雑音のみであるが、異なる測定位置では異なる累積確率分布特性を示している。このことは、周囲雑音は場所や時間によって変動が激しく、再現性が取り難いことを示している。
- (2) 電界強度が約40dB μ V/m以上のレベルにおいては、PLCの非動作時と動作時の累積確率分布特性はほとんど同じである。このことは、周囲雑音レベルが大きいとPLC漏えい波は埋もれてしまい、分離不可能であることを意味している。
- (3) PLC漏えい波による増加分は、PLC動作時に観測される累積確率分布の曲線が非動作時の曲線と比較したときの横軸での間隔で評価できる。測定位置②-Dの場合では、7から8dB程度の増加が観測されている。

(c) 平均値による評価

図4.2による測定結果では、いずれも同じような周波数帯域でPLC動作時での雑音レベルが増加している。この周波数帯域のうち、12.948MHzから13.900MHzの帯域(低域側)と18.912MHzから20.004MHzの帯域(高域側)とで平均値を算出して、PLC漏えい電波による増加分を評価すると、表4.1のようになる。(注：測定は28kHz毎に行われているので、この場合では低域側は35個、高域側は40個のデータ数であるが、明らかに通信波である考えられる大きい成分は除外している。)

表4.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度増加分評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB μ V/m)	PLC 漏えい波 あり(dB μ V/m)	増加分 (dB)
電通大②-D	12.948~13.900	27.37	36.16	8.79
	18.912~20.004	17.94	26.43	8.49
電通大②-E	12.948~13.900	30.03	36.99	6.96
	18.912~20.004	20.07	22.32	2.25
電通大②-F	12.948~13.900	29.29	35.25	5.96
	18.912~20.004	21.65	28.10	6.45
電通大③-C	12.948~13.900	31.61	32.61	1.00
	18.912~20.004	19.09	19.30	0.21
電通大③-E	12.948~13.900	30.81	33.91	3.11
	18.912~20.004	21.09	24.71	3.61

この結果からは、PLC動作時の最大漏えい電界強度による増加分は約9dB未満であると評価できる。

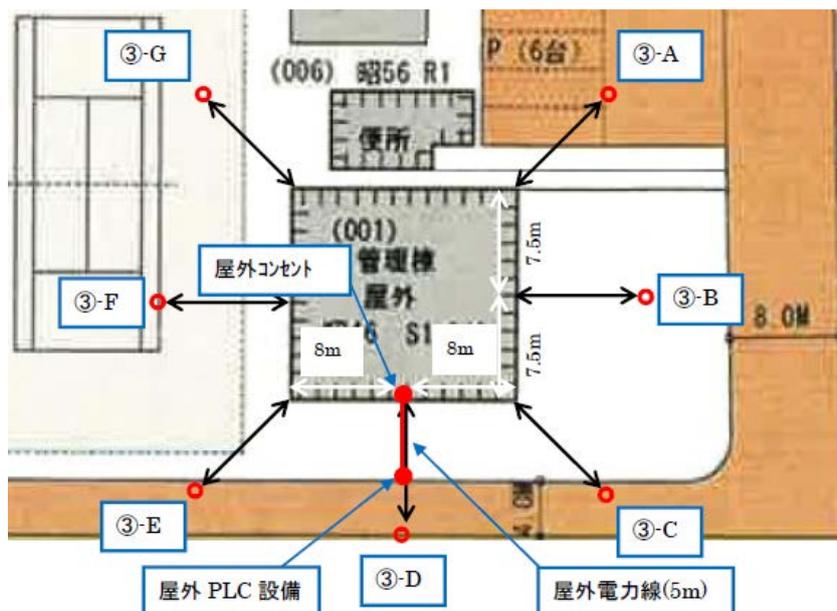
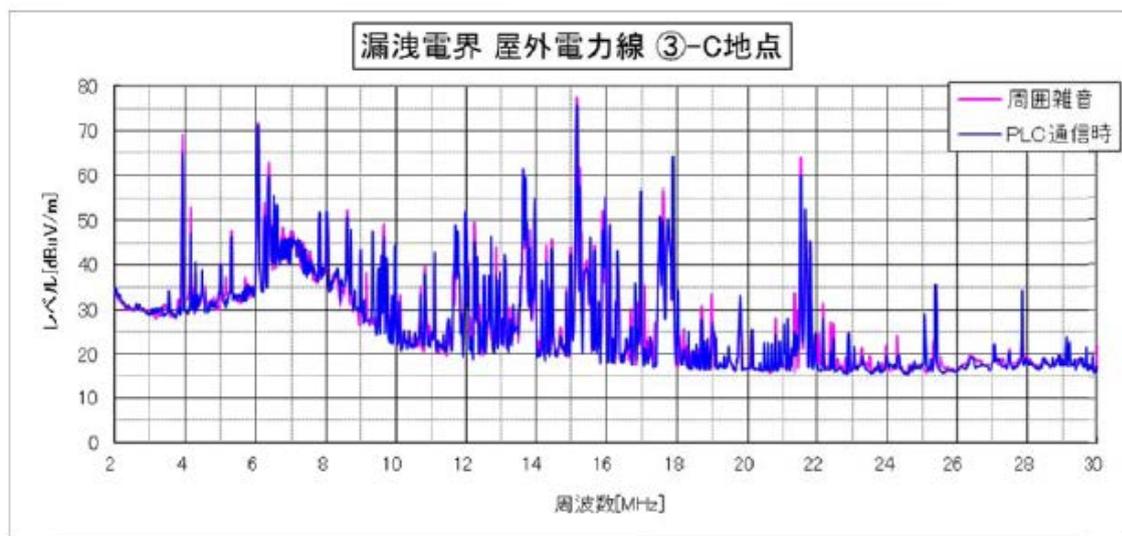
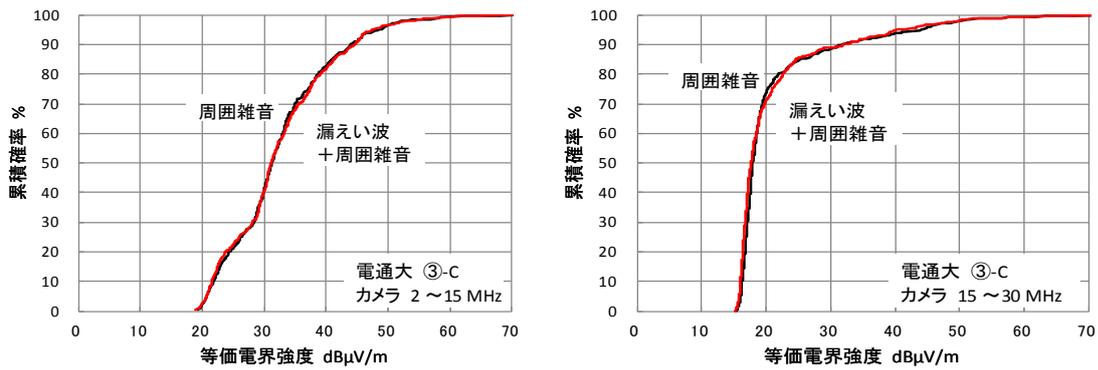


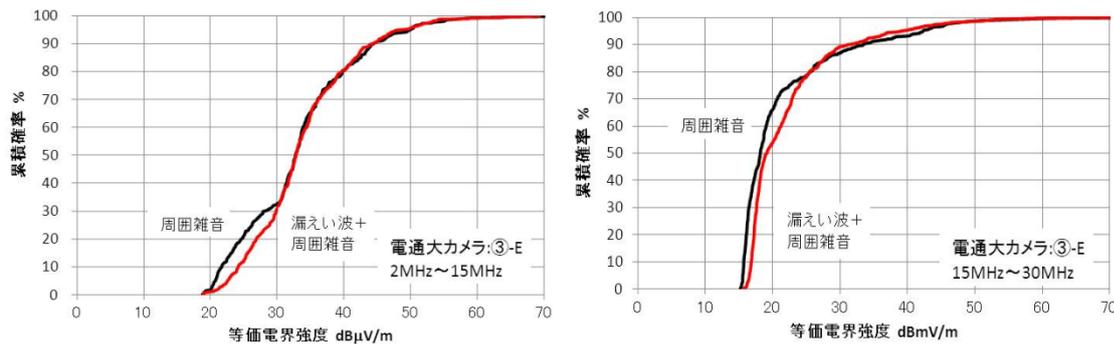
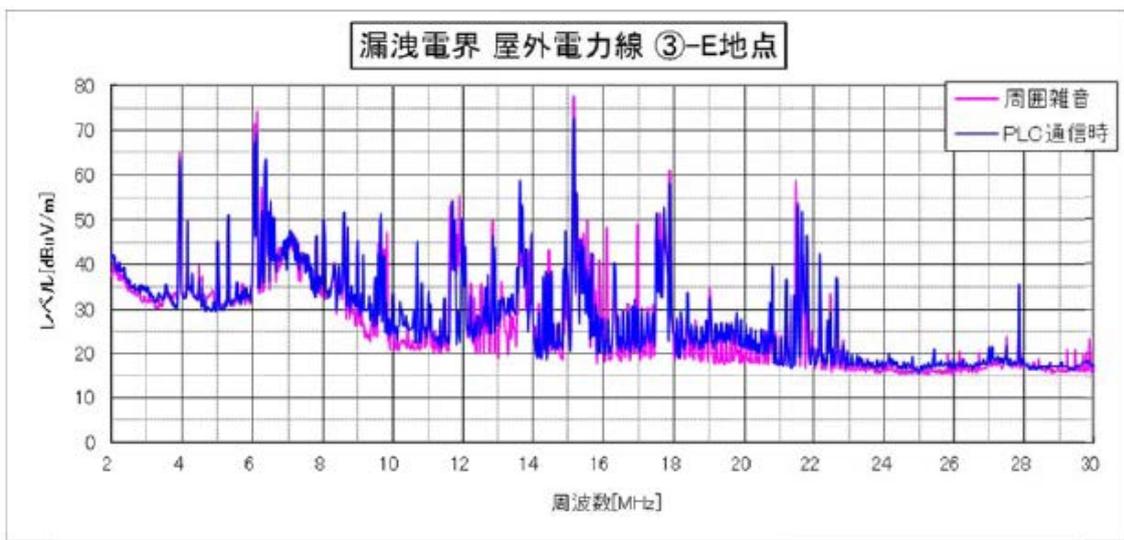
図4.4 電気通信大学多摩川グラウンド(II)

図4.4において、離隔距離10mを満足する位置は、③-Dを除く全てである。このうち屋外電力線から直接影響を強く受ける位置は、③-Cと③-Eである。以下に測定結果とその結果から求めた累積確率分布特性を示す。





(a)



(b)

図4.5 電気通信大学多摩川グラウンド(II)での測定結果と累積確率分布特性

電気通信大学多摩川グラウンドにおいて、離隔距離が10mである場所で屋外電力線の影響があると考えられる5件のうち、4件が電力線の共振と考えられる周波数で周囲

雑音を数dB超えている。

(2) HD-PLC検証ハウス(カメラモデル)

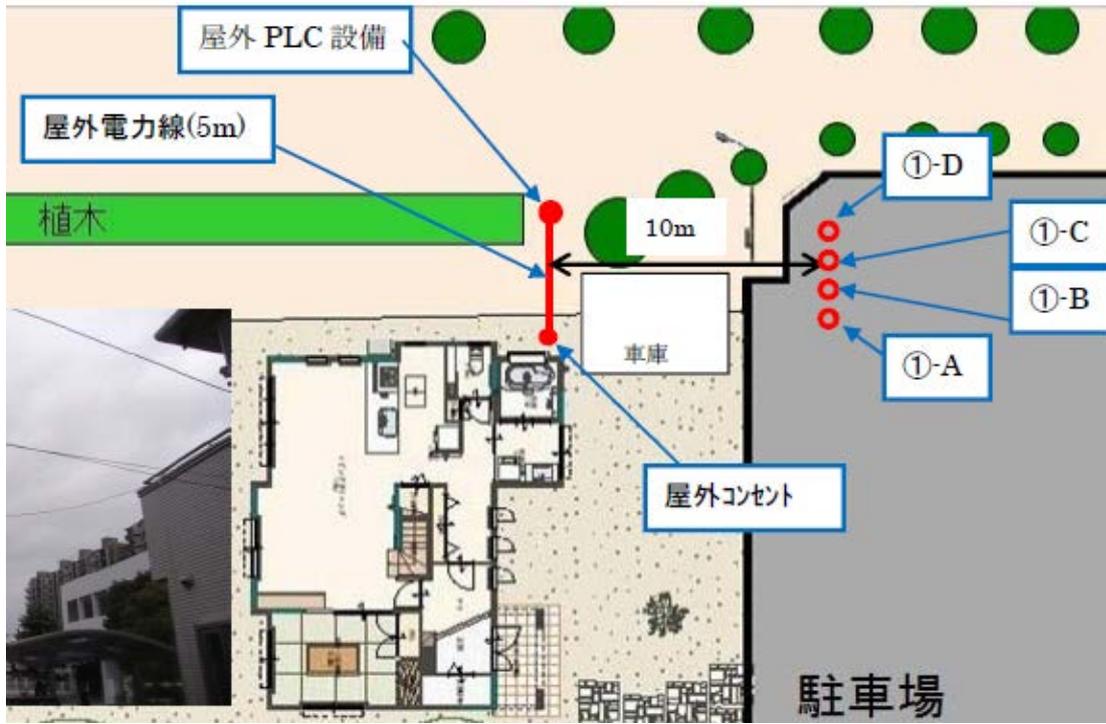
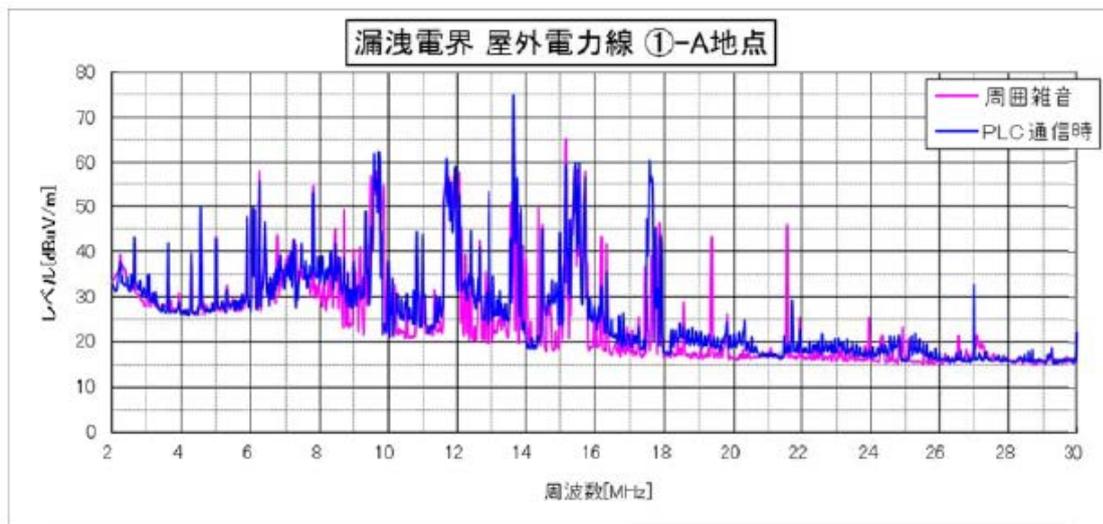
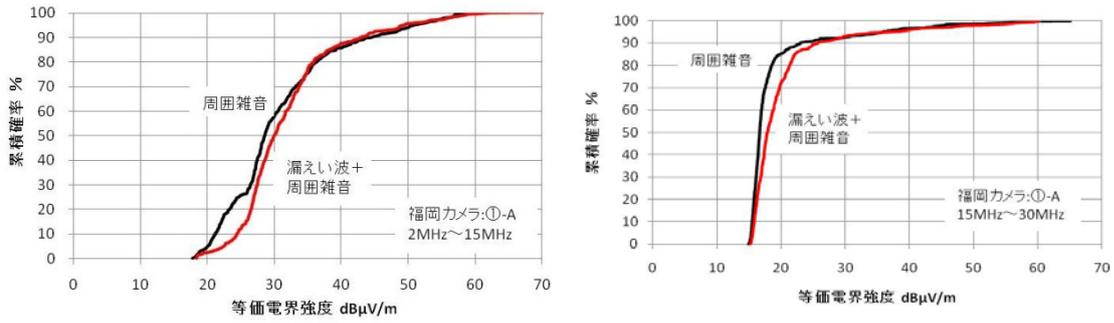


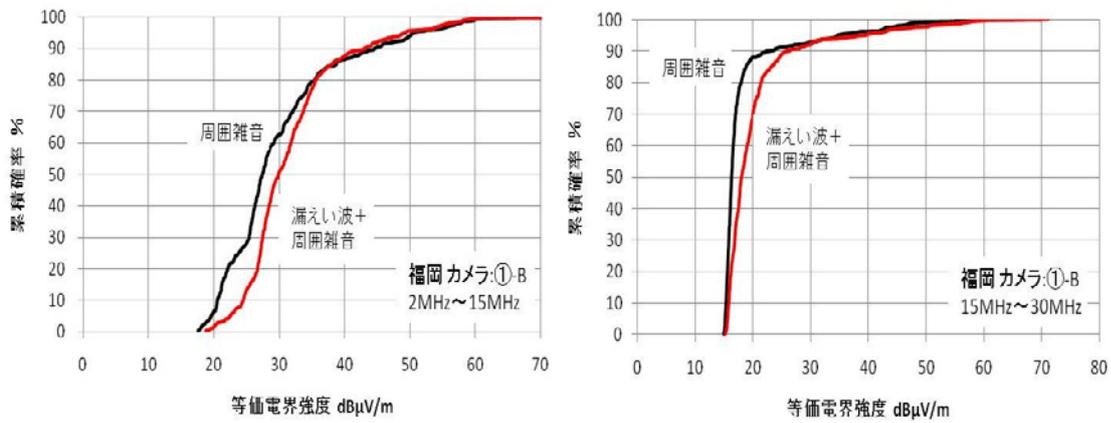
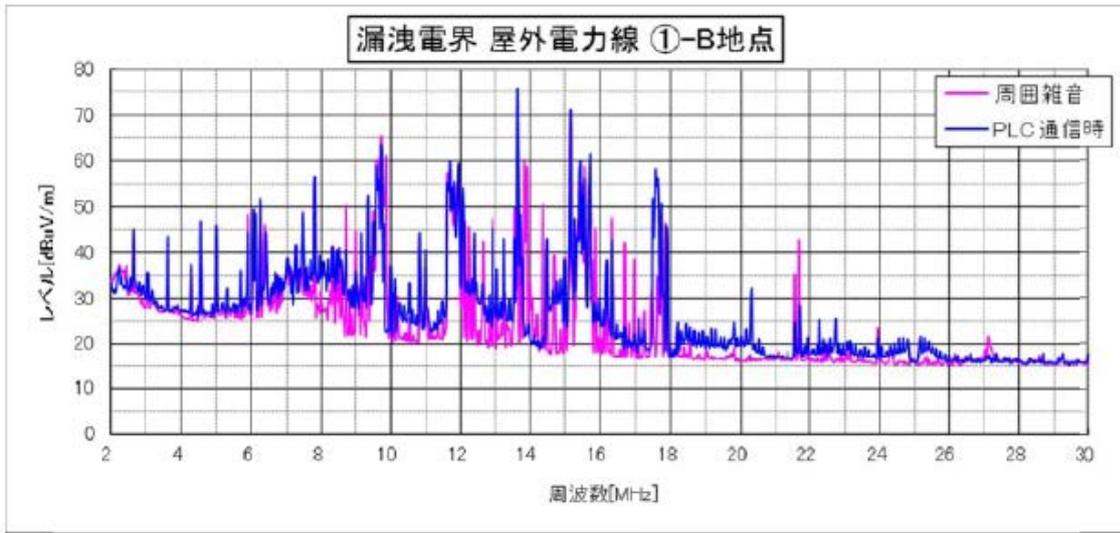
図4.6 HD-PLC検証ハウス(カメラ I)

図4.6において、全ての位置が離隔距離10mを満足している。ここでの電界強度測定結果と累積確率分布の計算結果は以下である。

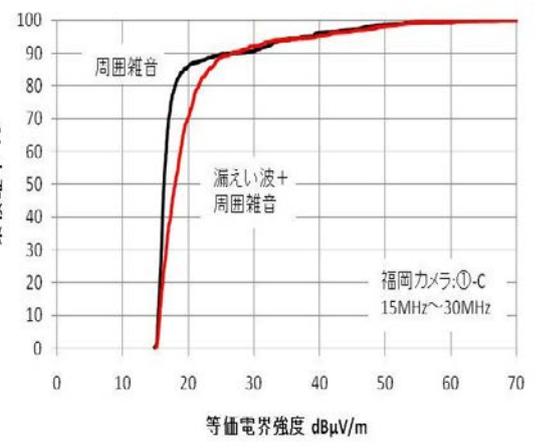
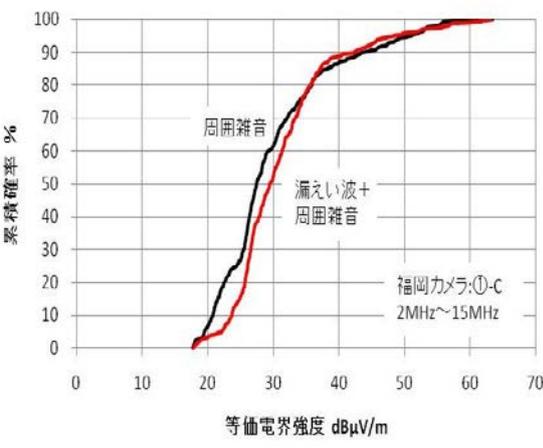
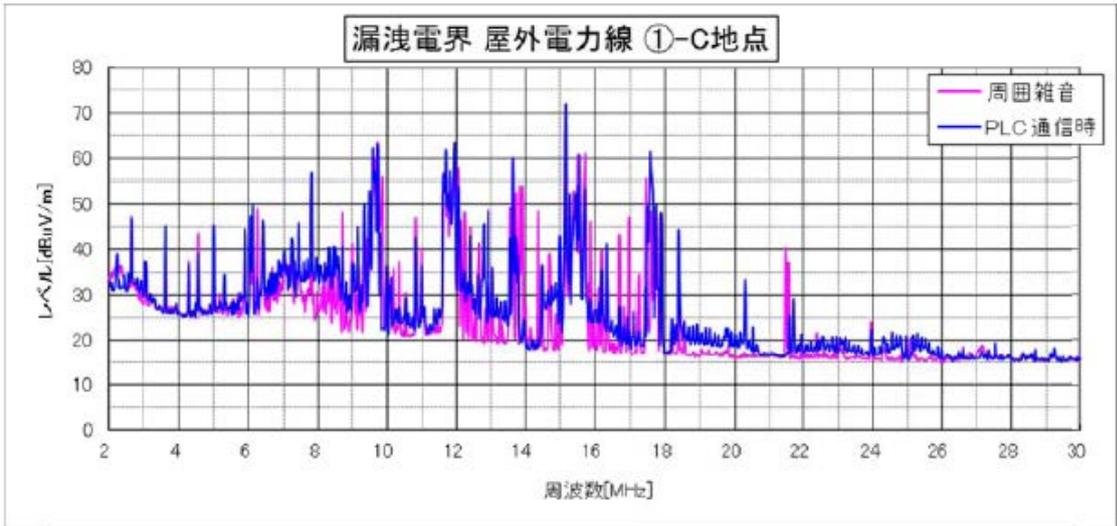




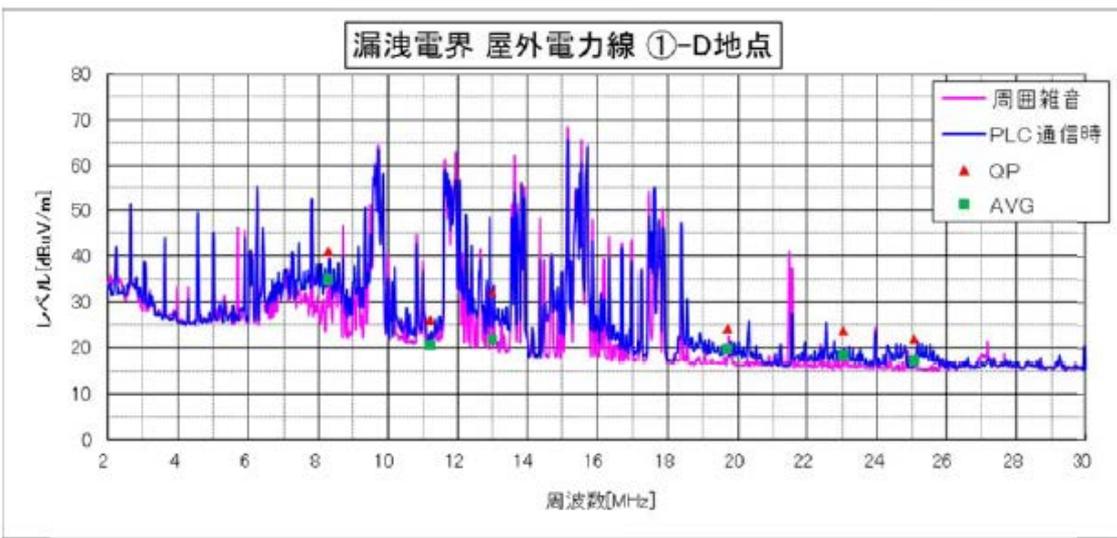
(a)

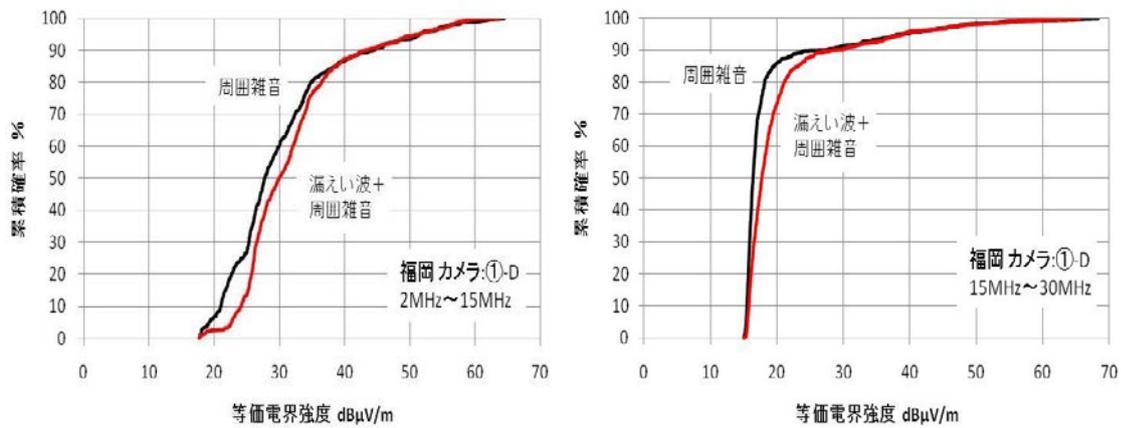


(b)



(c)





(d)

図4.7 HD-PLC検証ハウス(カメラ I)での測定結果と累積確率分布特性

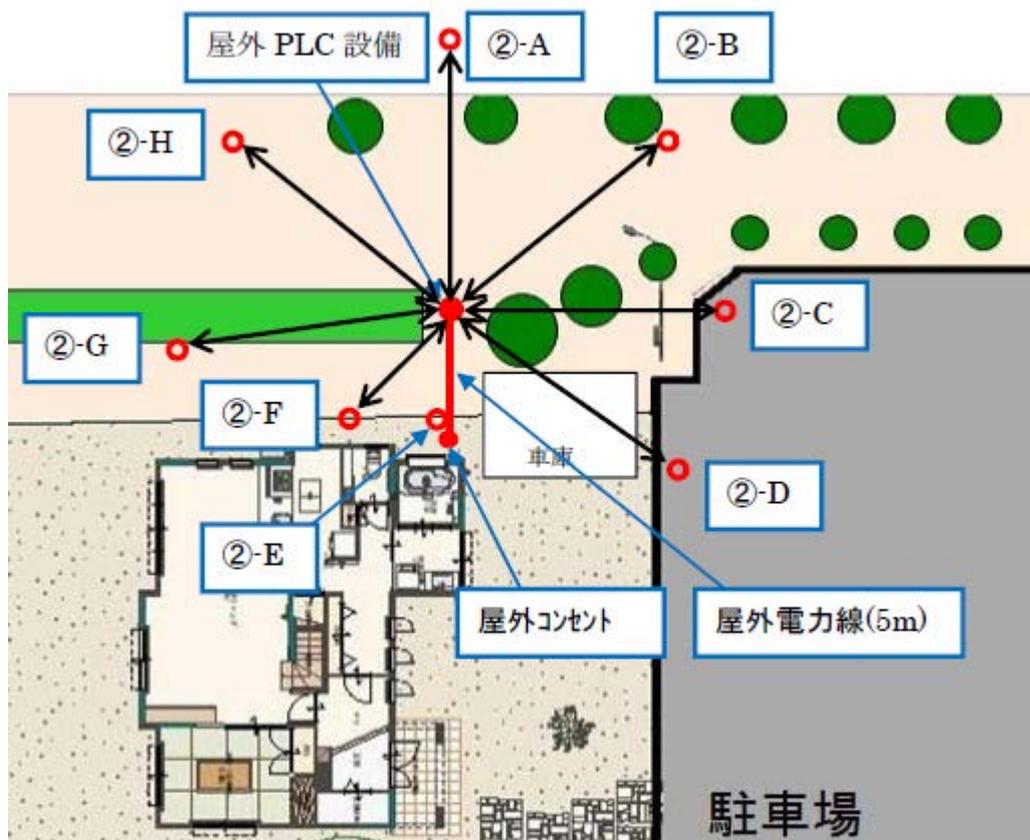
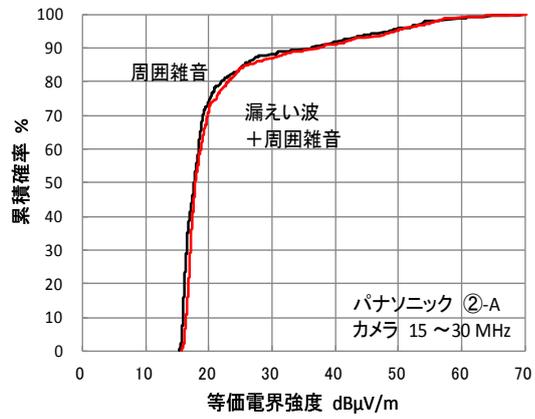
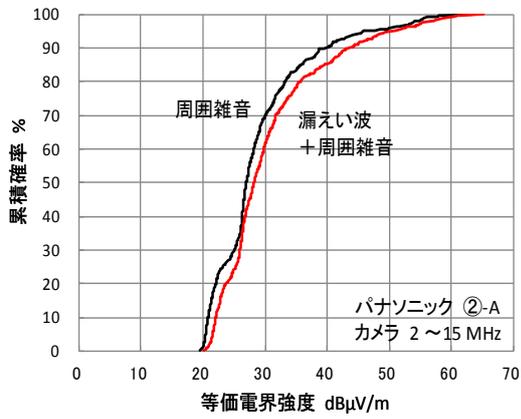
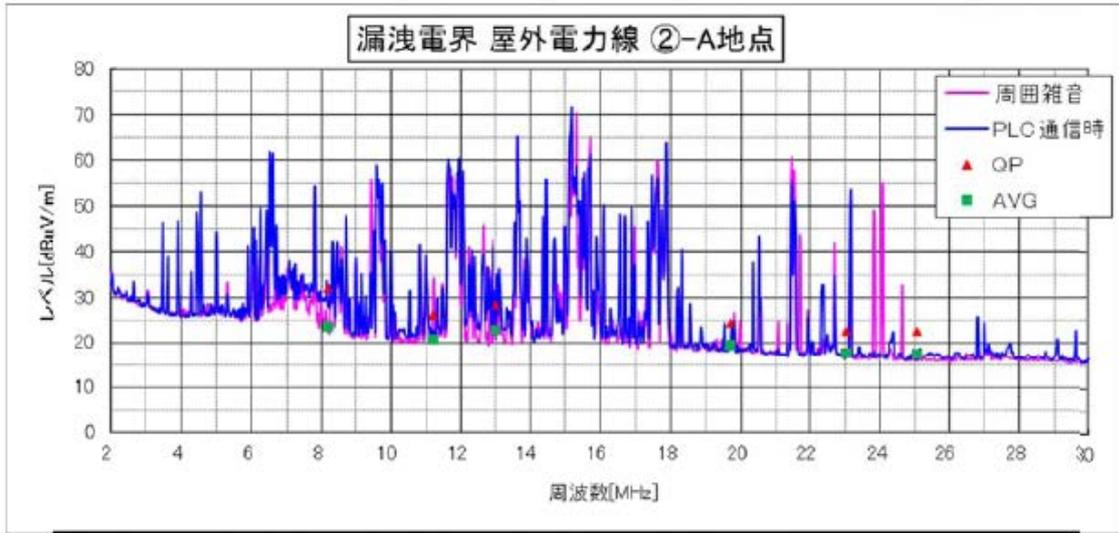
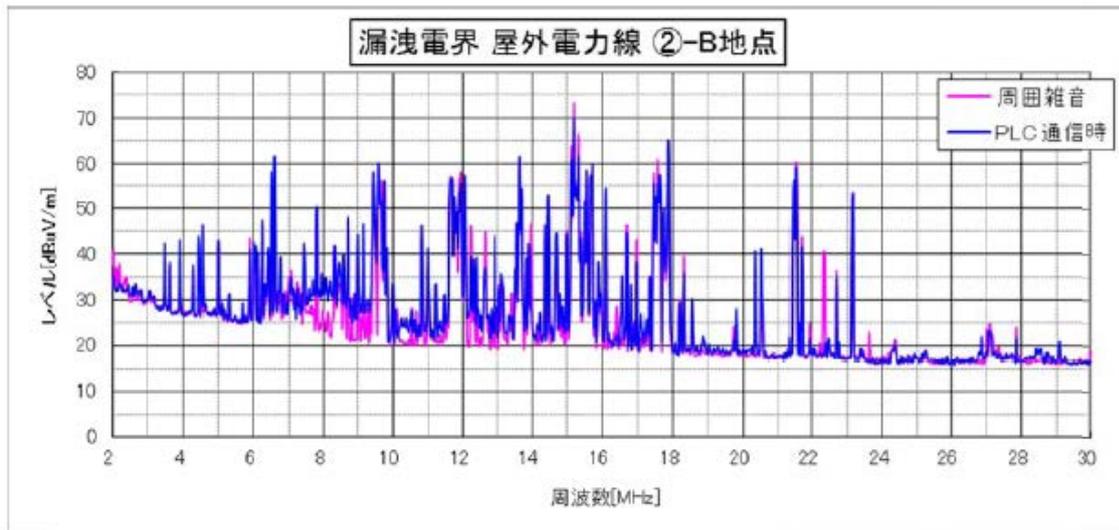


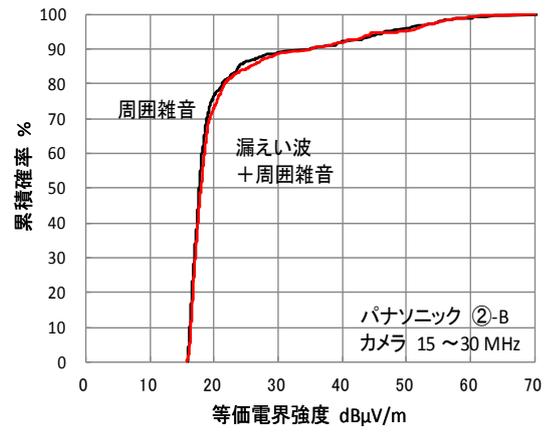
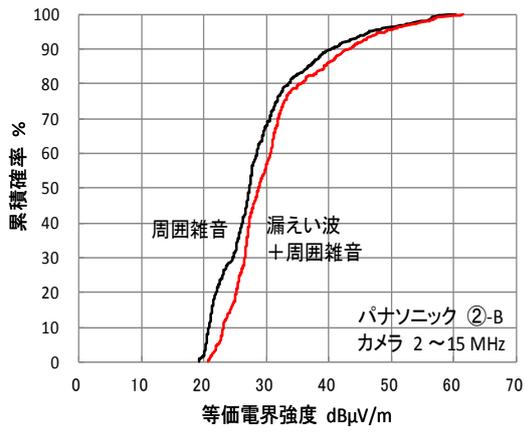
図4.8 HD-PLC検証ハウス(カメラII)

図4.8において、離隔距離が10mである位置は、②-D、②-E、②-F、②-G以外の位置である。ここでの電界強度測定結果と累積確率分布の計算結果は以下である。

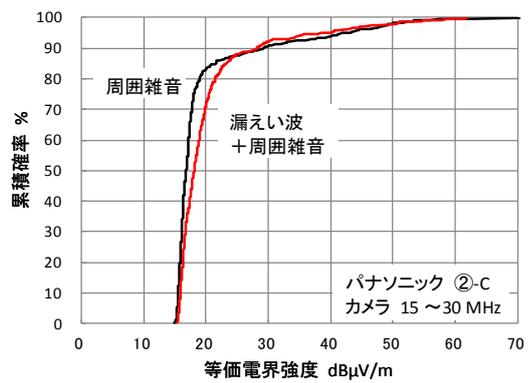
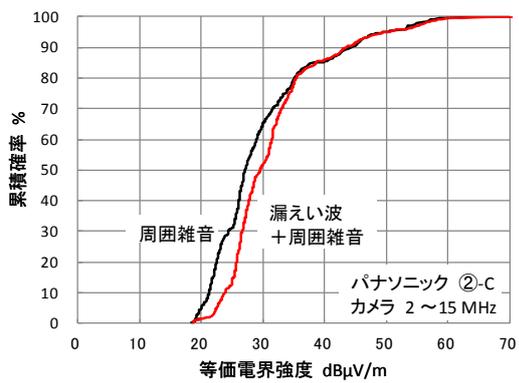
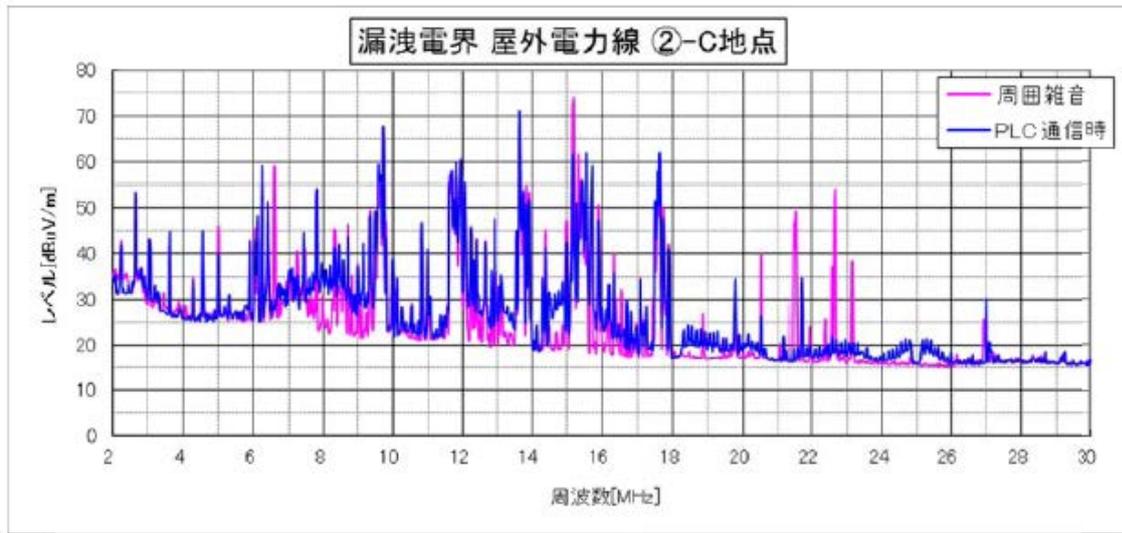


(a)

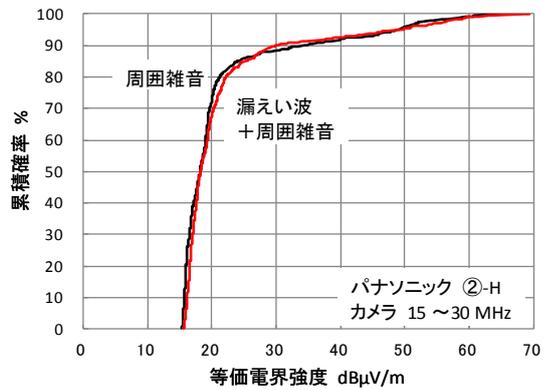
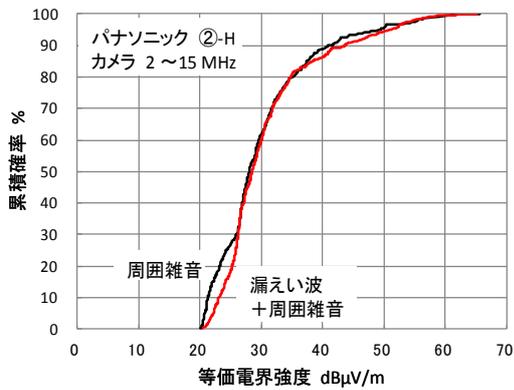
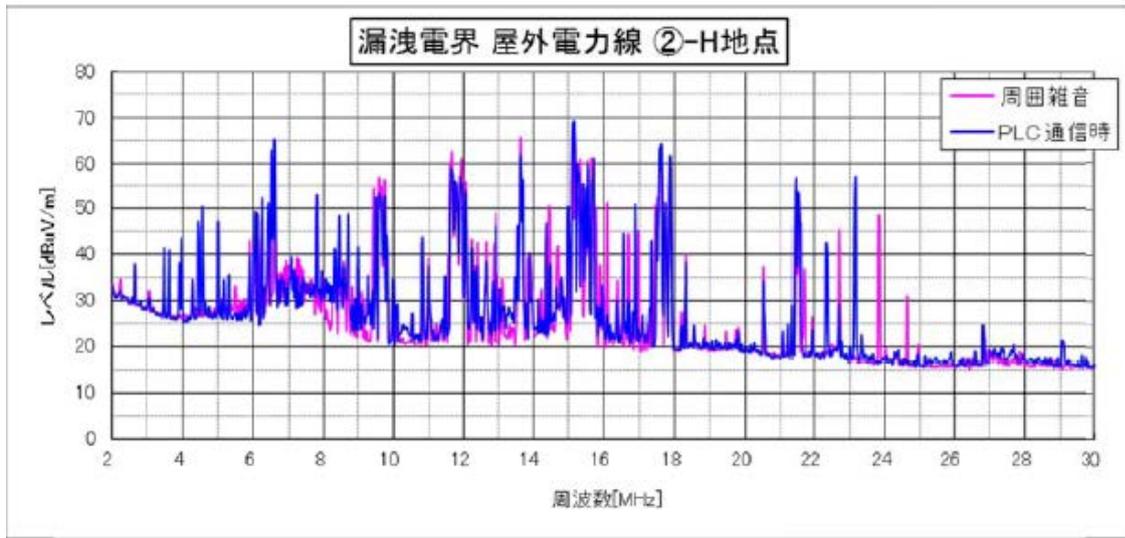




(b)



(c)



(e)

図4.9 HD-PLC検証ハウス(カメラII)での測定結果と累積確率分布特性

以上のHD-PLC検証ハウスにおけるカメラモデルでの測定結果から、PLC非動作時とPLC動作時において差異が大きい周波数領域での漏えい電界強度による増加分を評価すると表4.2となる。

表4.2 HD-PLC検証ハウスでのカメラモデルの測定結果から
抽出した帯域での漏えい波の電界強度増加分評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB μ V/m)	PLC 漏えい波 あり(dB μ V/m)	増分(dB)
福岡①-A	8.020~9.420	31.50	33.99	2.49
	12.080~12.892	26.88	31.59	4.72
福岡①-B	8.020~9.420	29.79	34.54	4.75
	12.080~12.892	26.13	31.15	5.01
福岡①-C	8.020~9.420	29.13	33.91	4.77
	12.080~12.892	28.05	31.67	3.62
福岡①-D	8.020~9.420	29.38	33.86	4.48
	12.080~12.892	28.16	31.47	3.32
福岡②-A	8.020~9.420	27.10	29.45	2.34
	12.080~12.892	27.01	29.46	2.45
福岡②-B	8.020~9.420	27.32	32.47	5.14
	12.080~12.892	26.73	28.77	2.04
福岡②-C	8.020~9.420	28.23	33.69	5.47
	12.080~12.892	27.50	31.38	3.87
福岡②-D	8.020~9.420	28.09	35.91	7.83
	12.080~12.892	27.00	33.90	6.91
福岡②-H	8.020~9.420	27.95	31.36	3.40
	12.080~12.892	28.42	28.57	0.15

(3) HD-PLC検証ハウス(EVモデル)

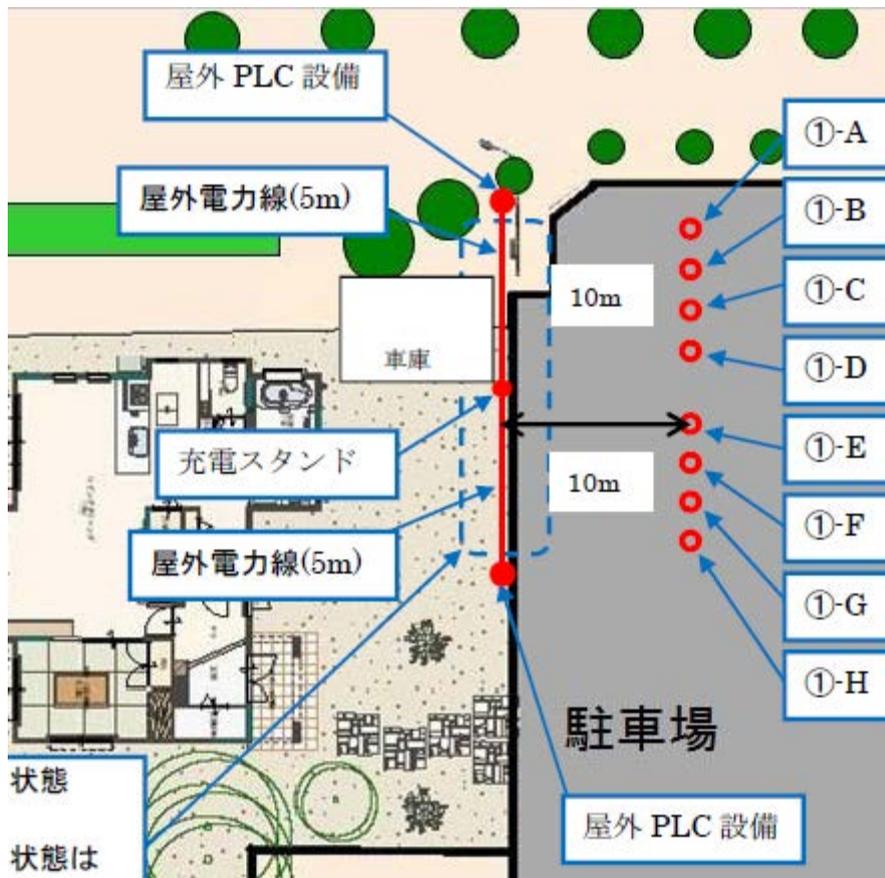
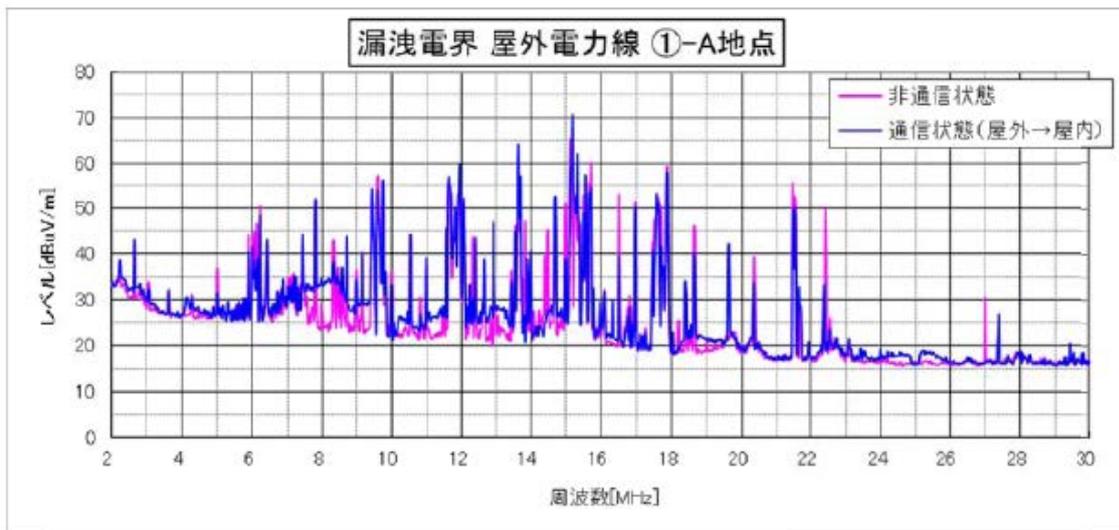
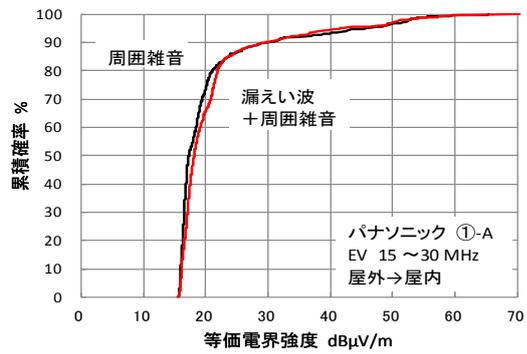
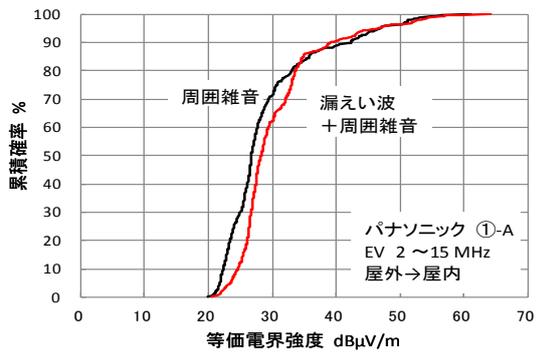


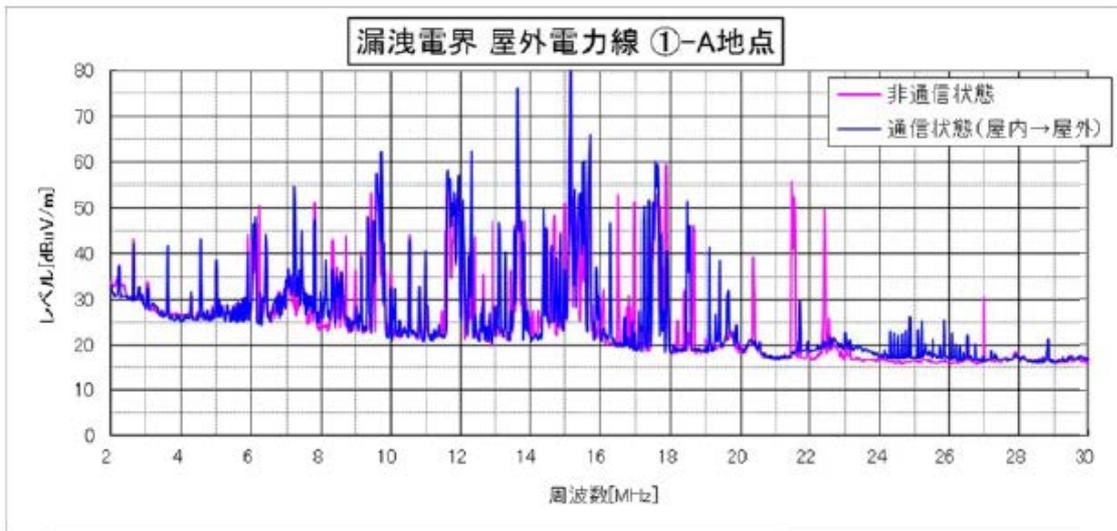
図4.10 HD-PLC検証ハウス(EV-I)

図4.10においては、全て離隔距離が10mである。ここでは、屋外から屋内への通信時と、参考として屋内から屋外への通信時も示している。電界強度測定結果と屋外から屋内への累積確率分布の計算結果は以下のとおりである。

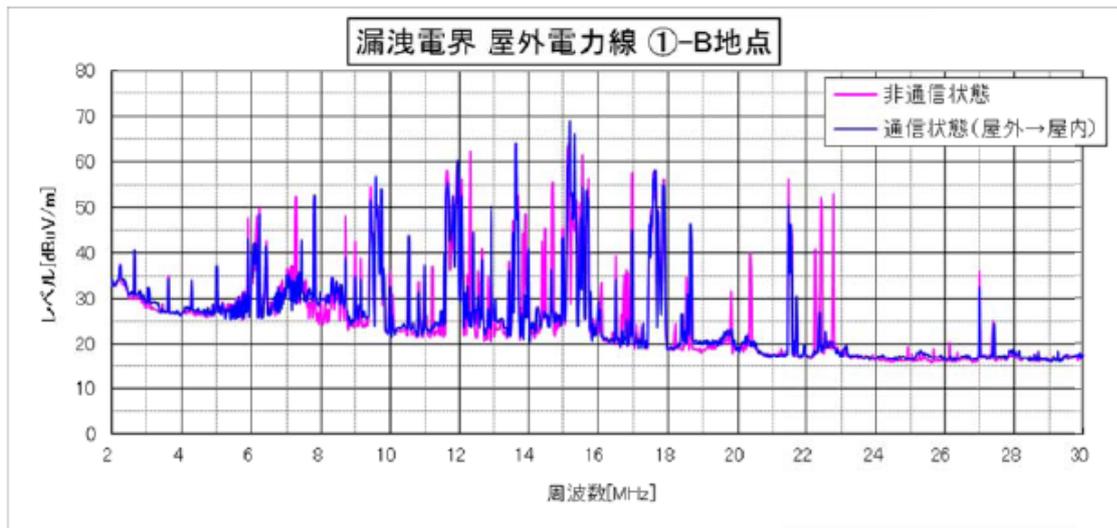


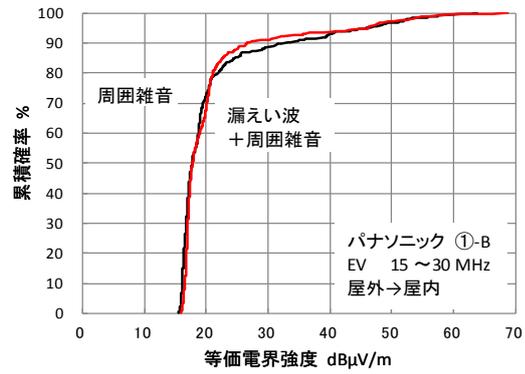
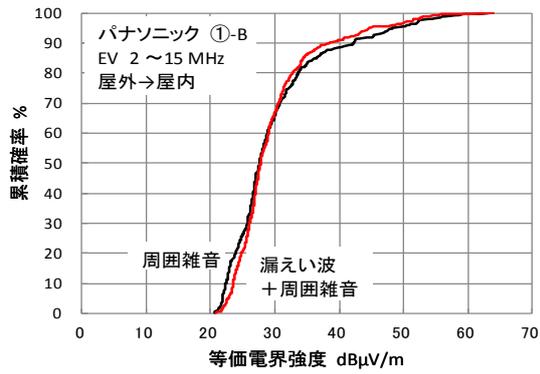


(a-1) 屋外から屋内

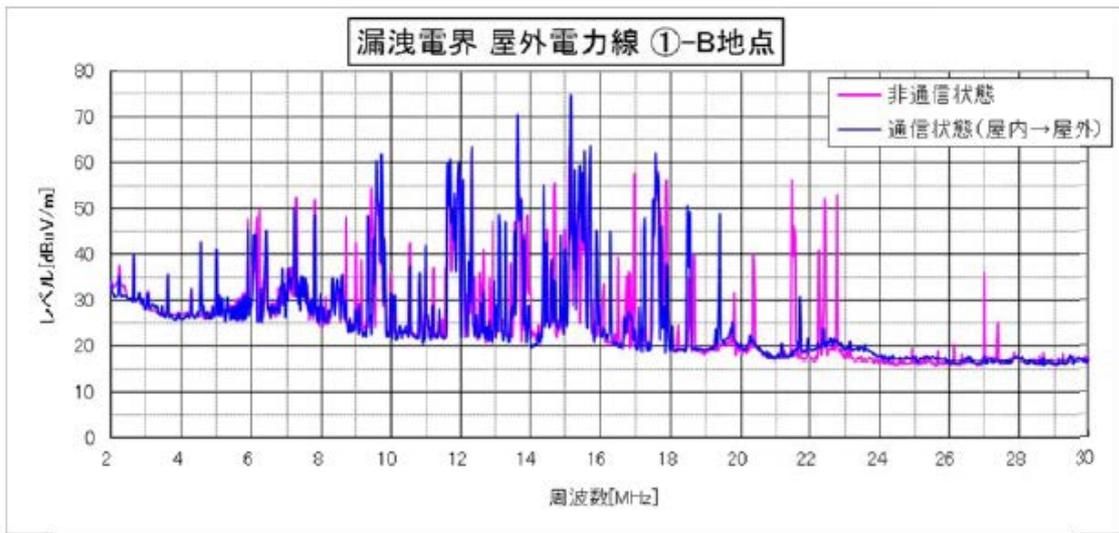


(a-2) 屋内から屋外

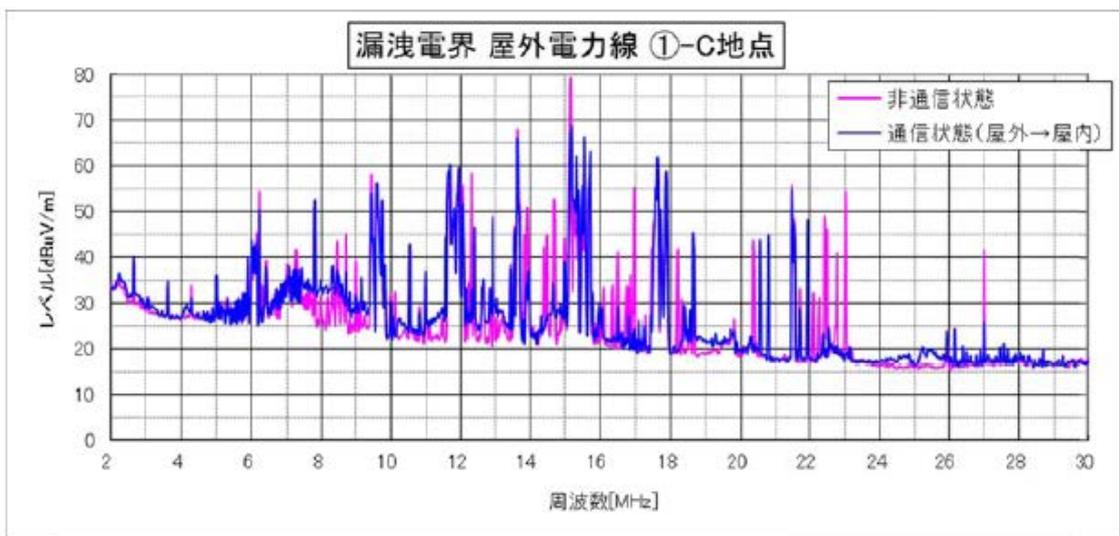


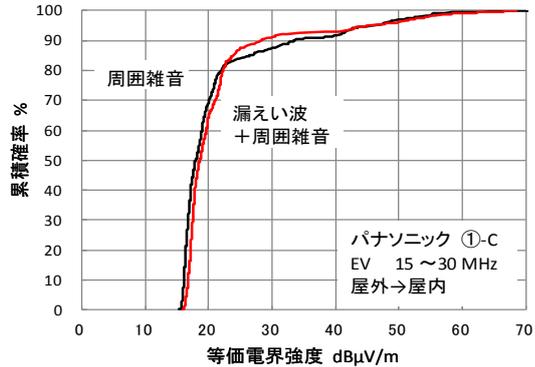
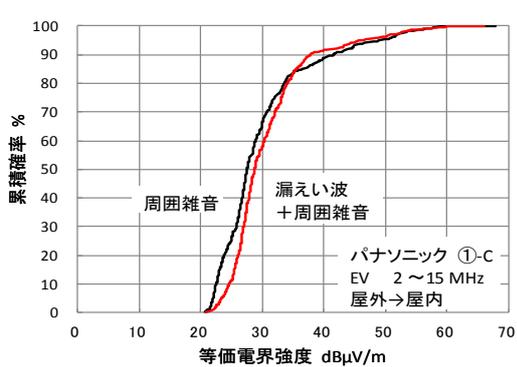


(b-1) 屋外から屋内

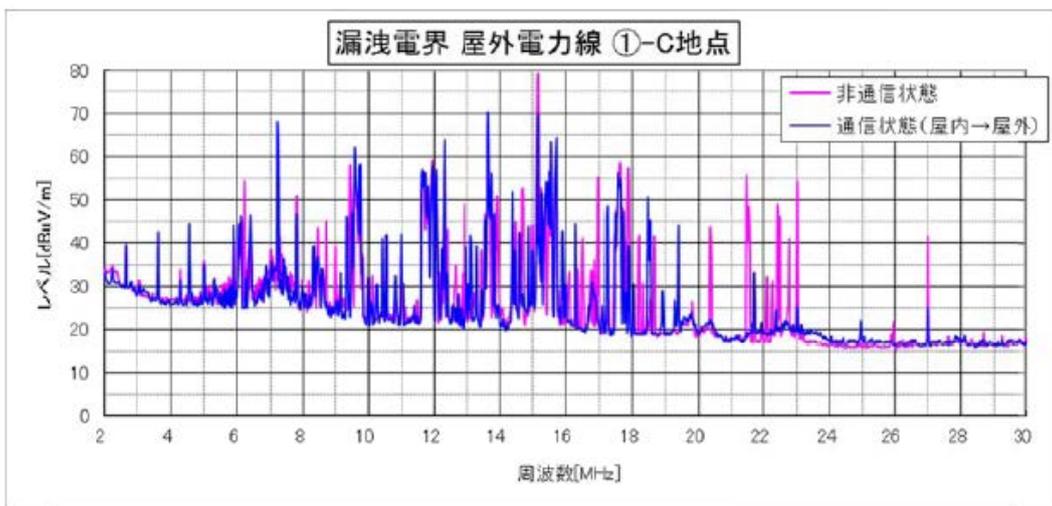


(b-2) 屋内から屋外

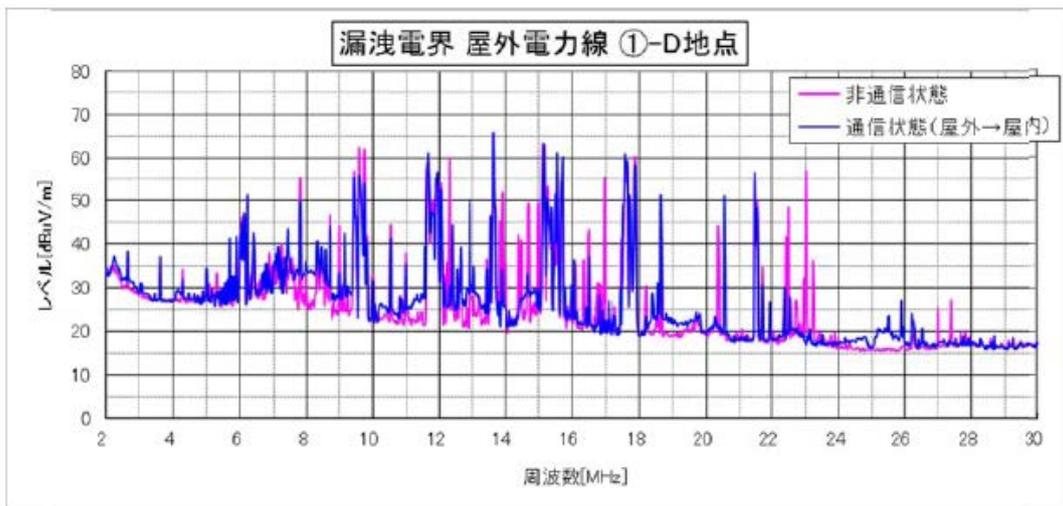


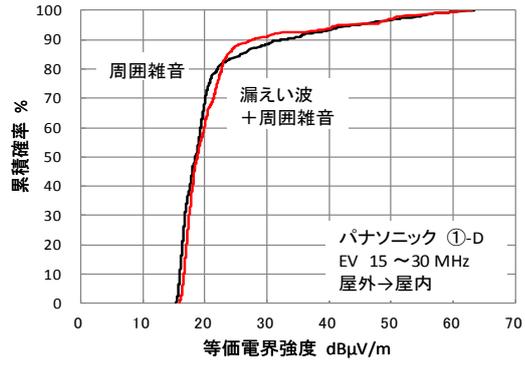
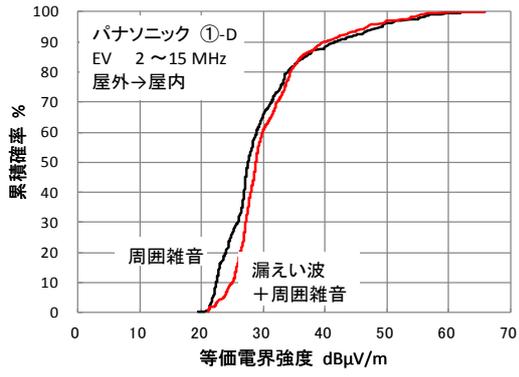


(c-1) 屋外から屋内

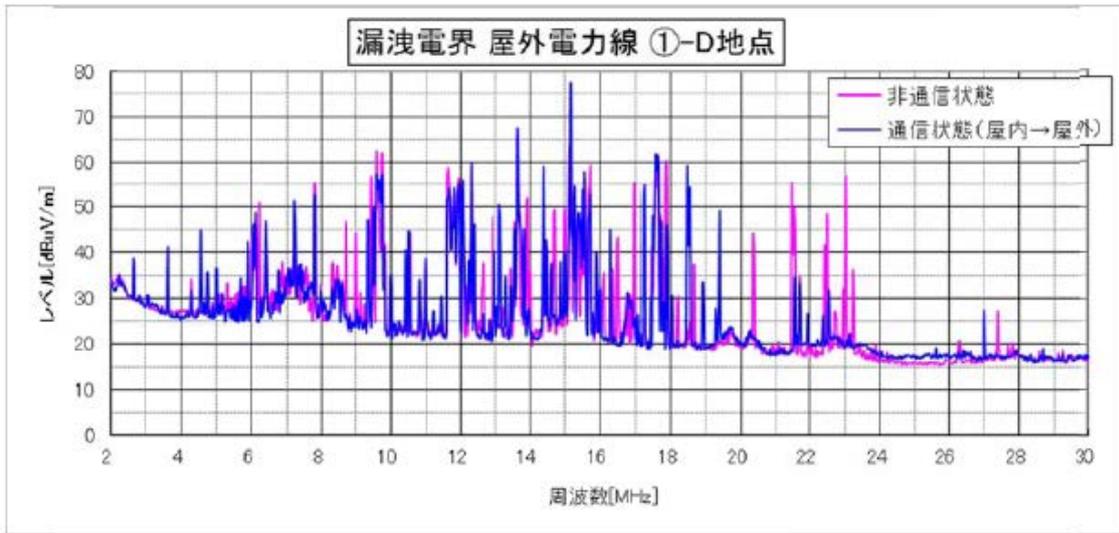


(c-2) 屋内から屋外

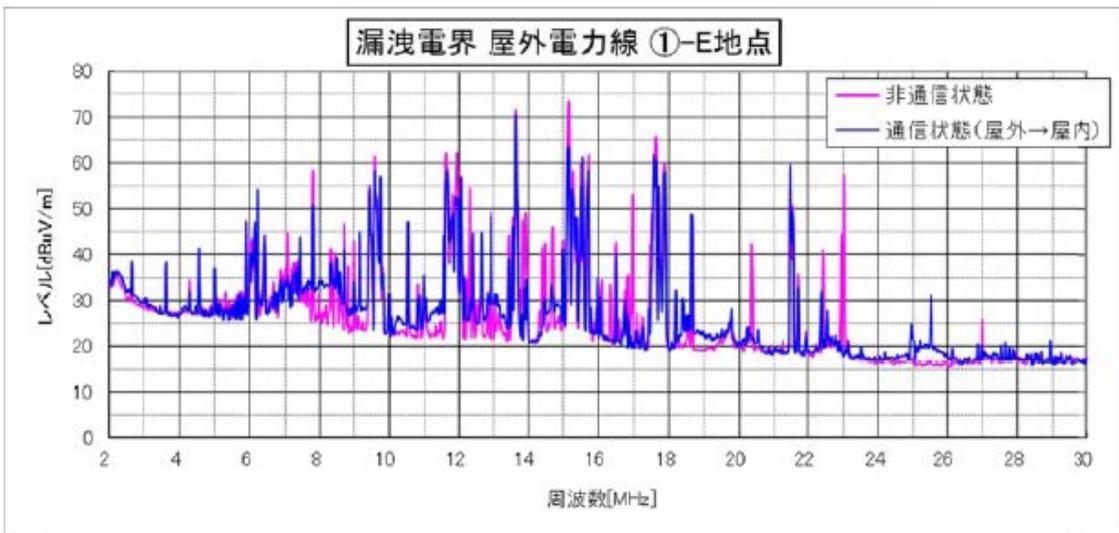


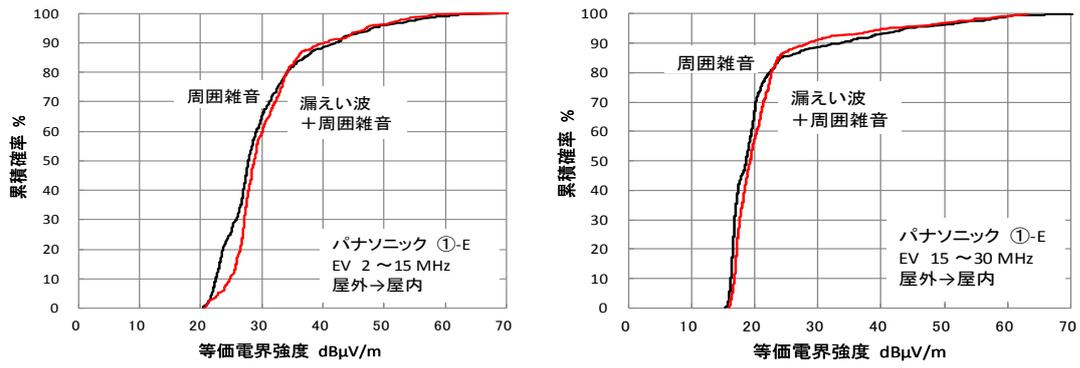


(d-1) 屋外から屋内

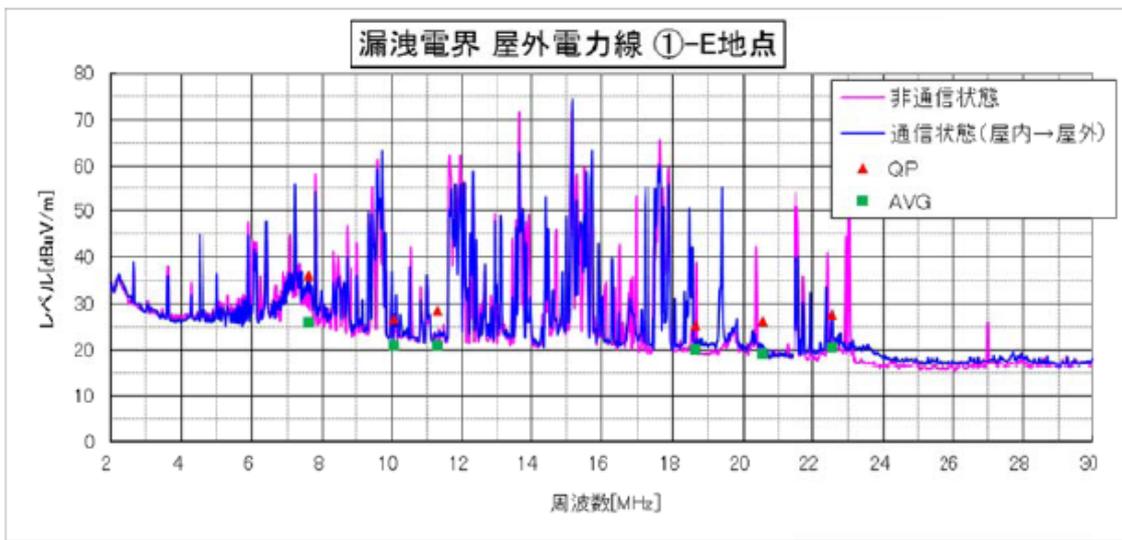


(d-2) 屋内から屋外

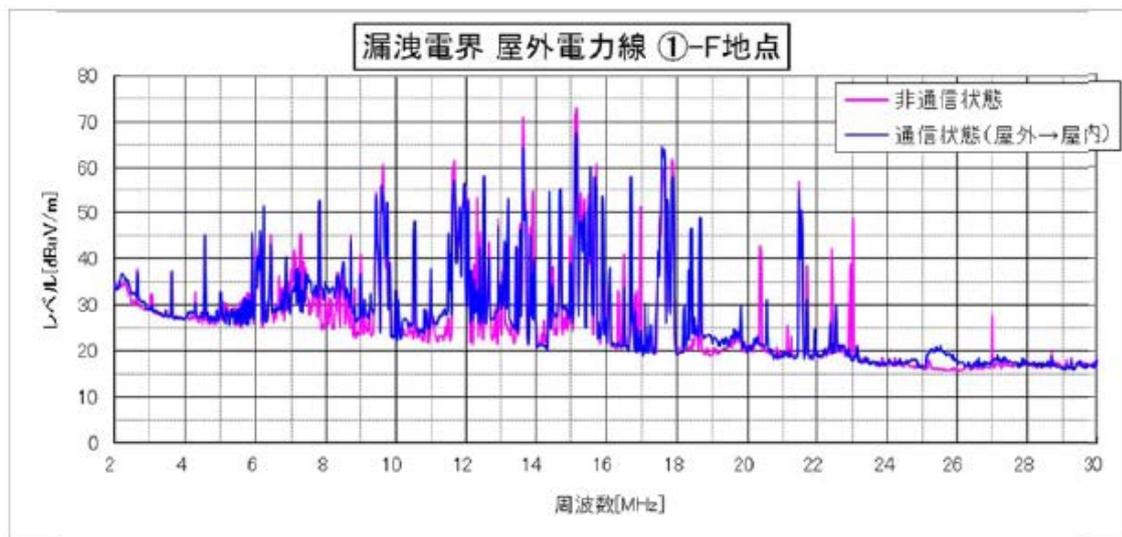


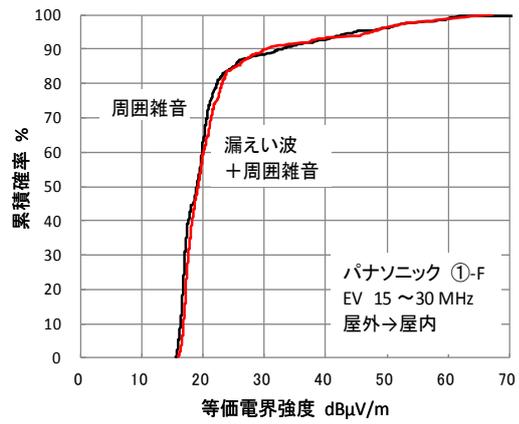
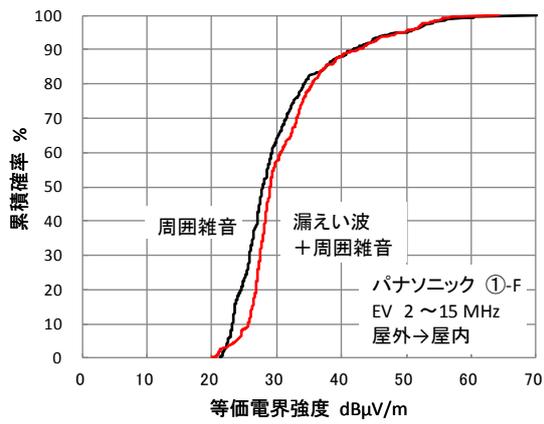


(e-1) 屋外から屋内

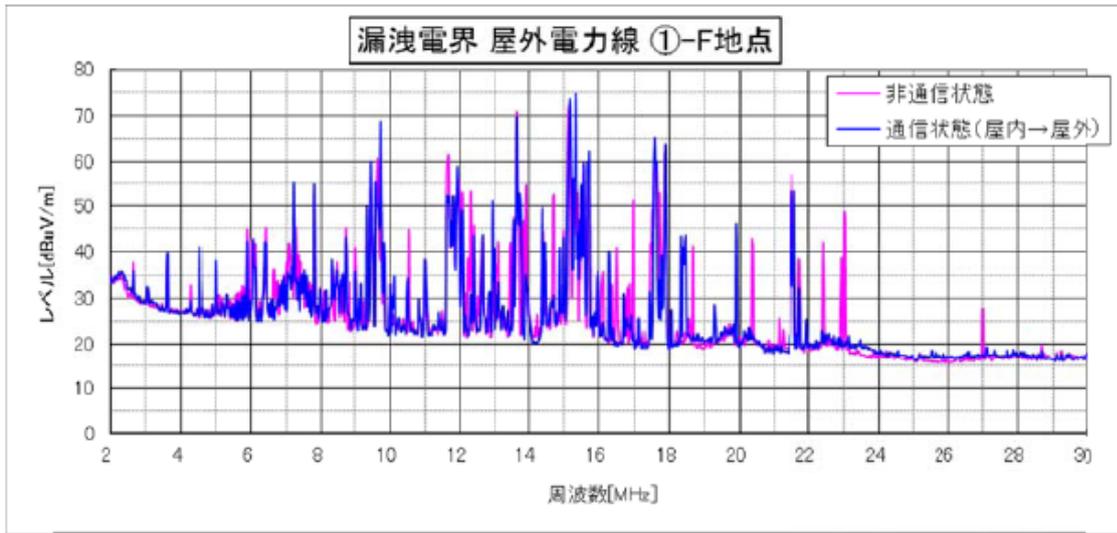


(e-2) 屋内から屋外

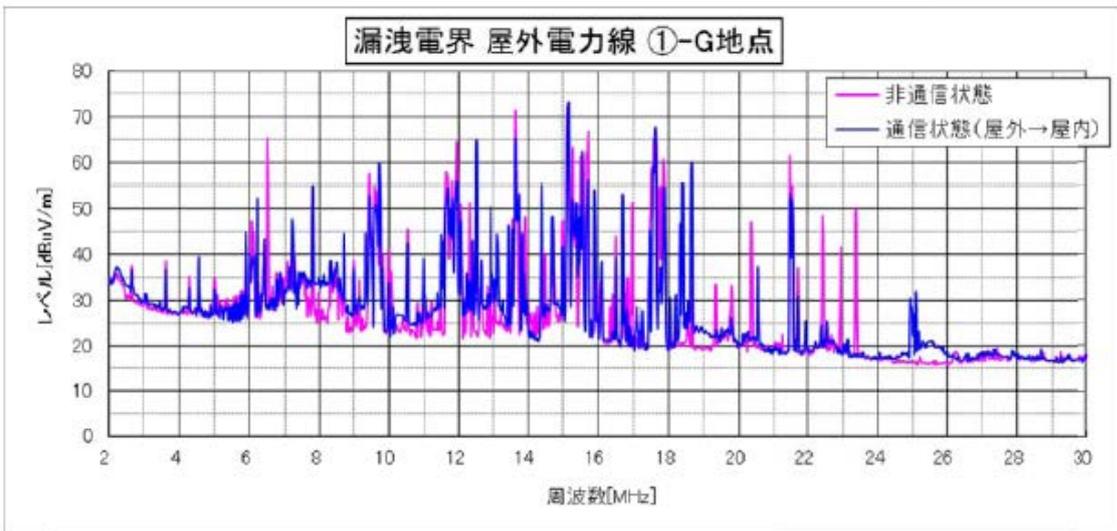


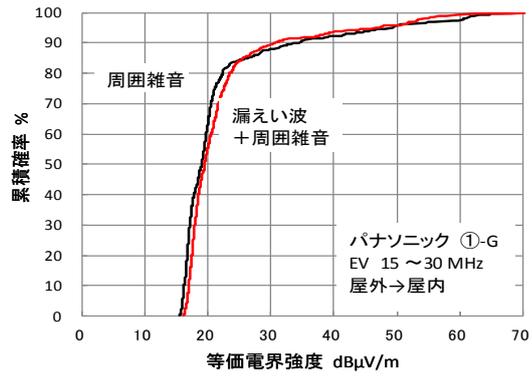
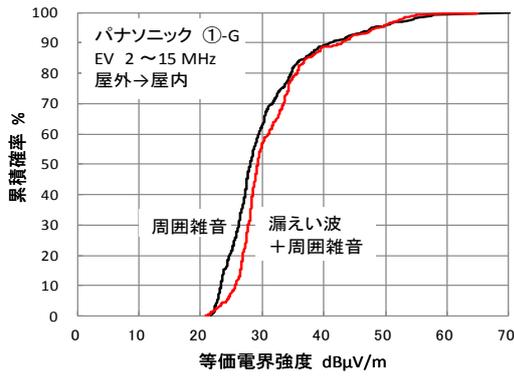


(f-1) 屋外から屋内

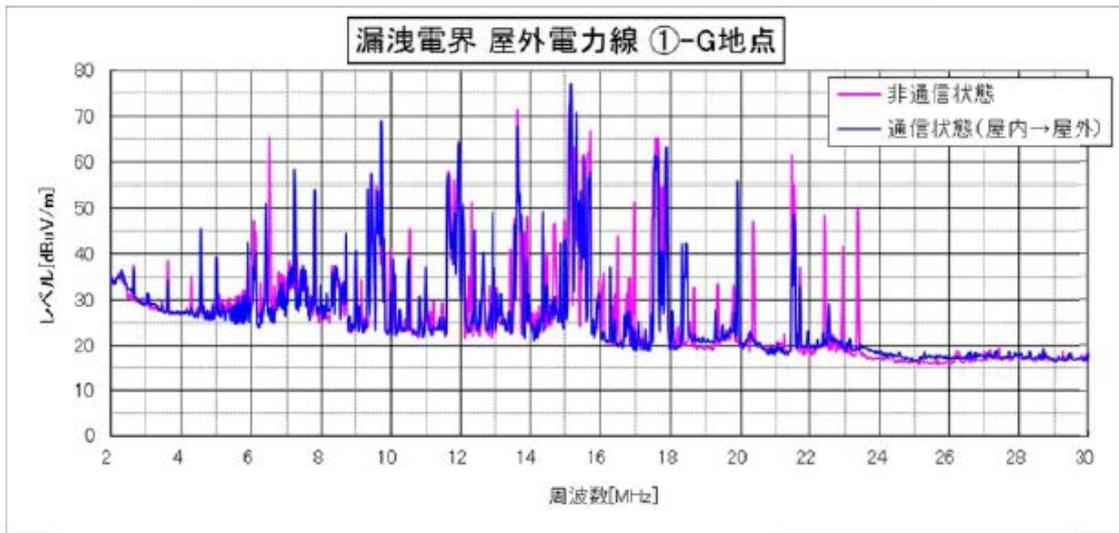


(f-2) 屋内から屋外

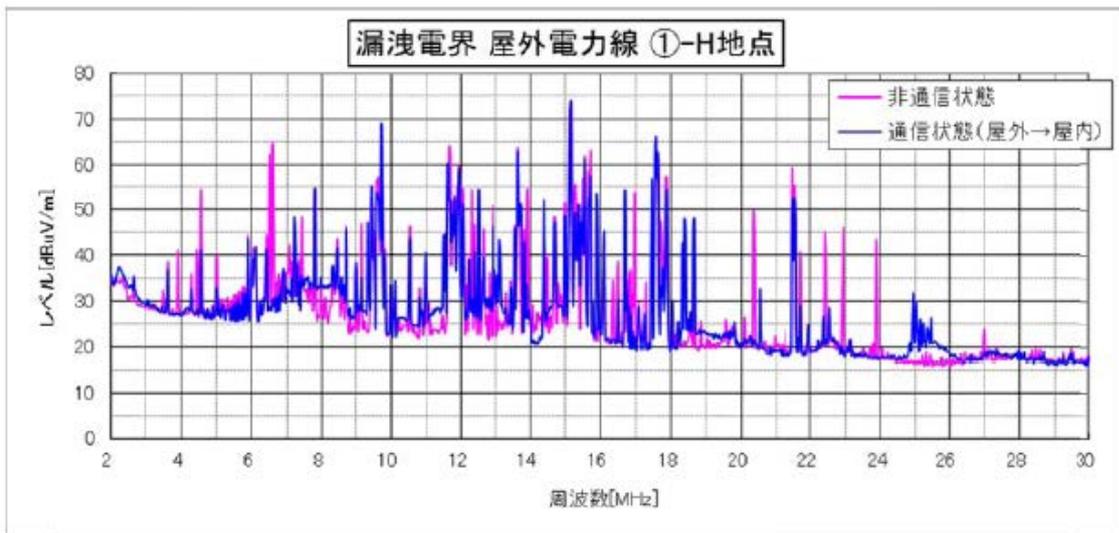


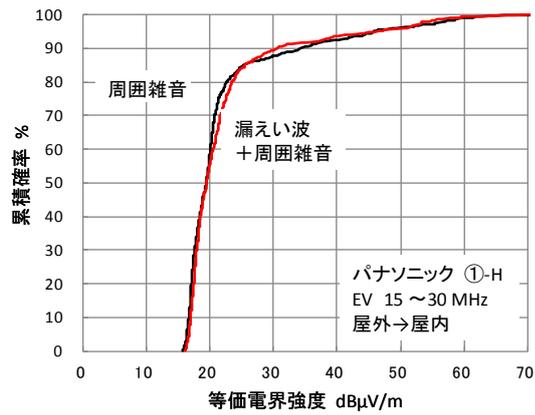
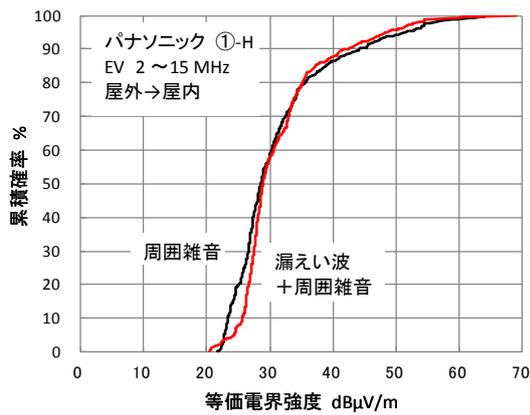


(g-1) 屋外から屋内

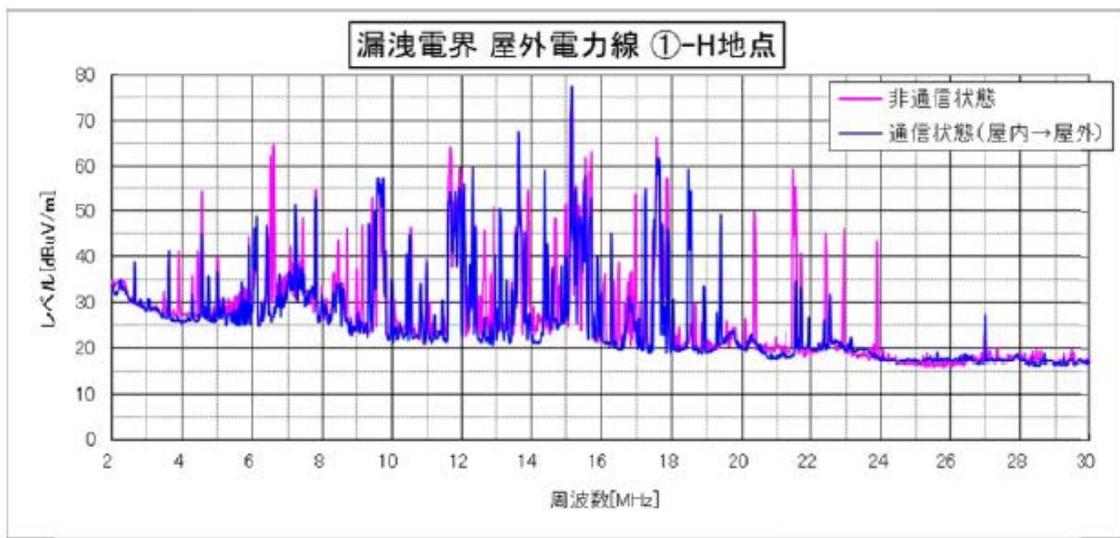


(g-2) 屋内から屋外





(h-1) 屋外から屋内



(h-2) 屋内から屋外

図4.11 HD-PLC検証ハウス(EV-I)での実測値と累積確率分布特性(屋内から屋外へは除く)

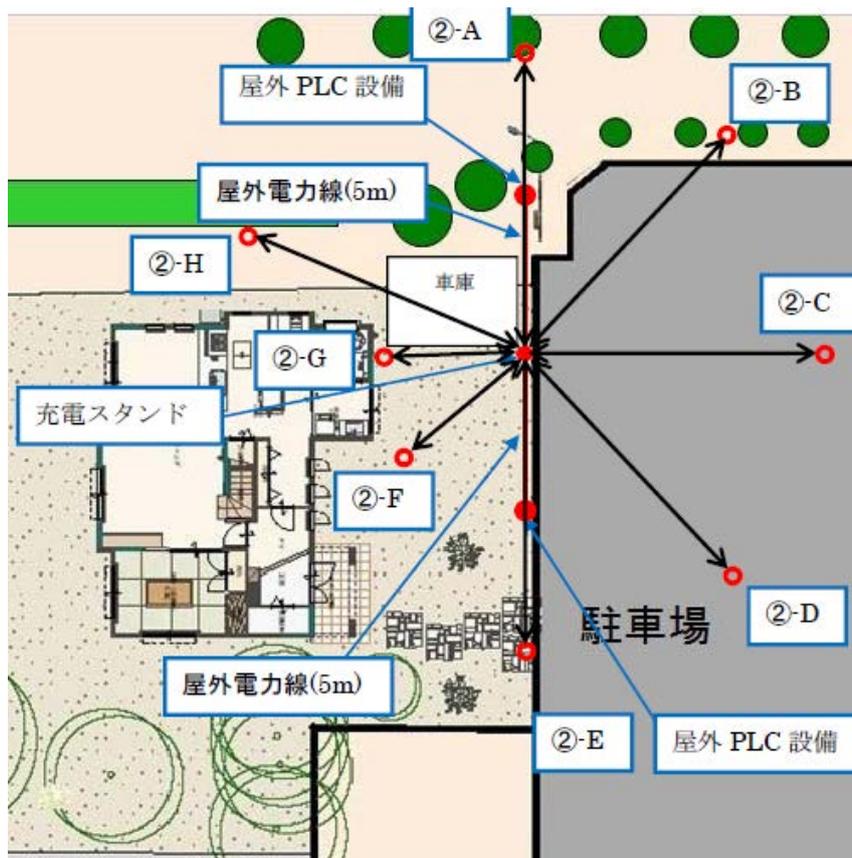
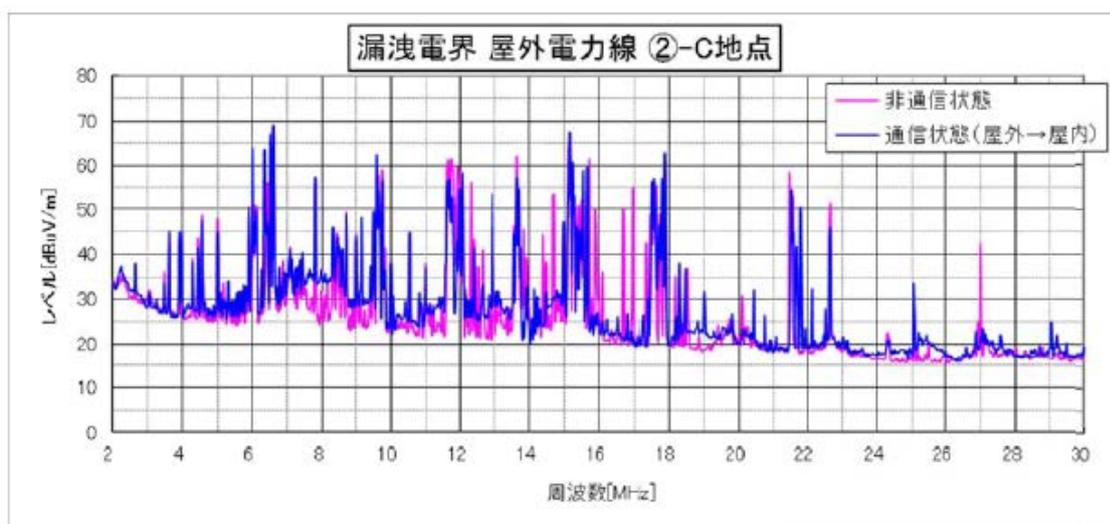
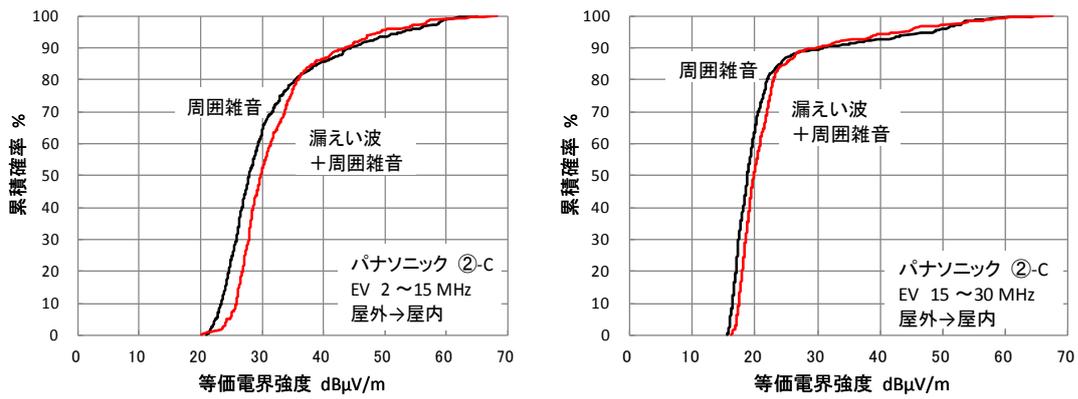


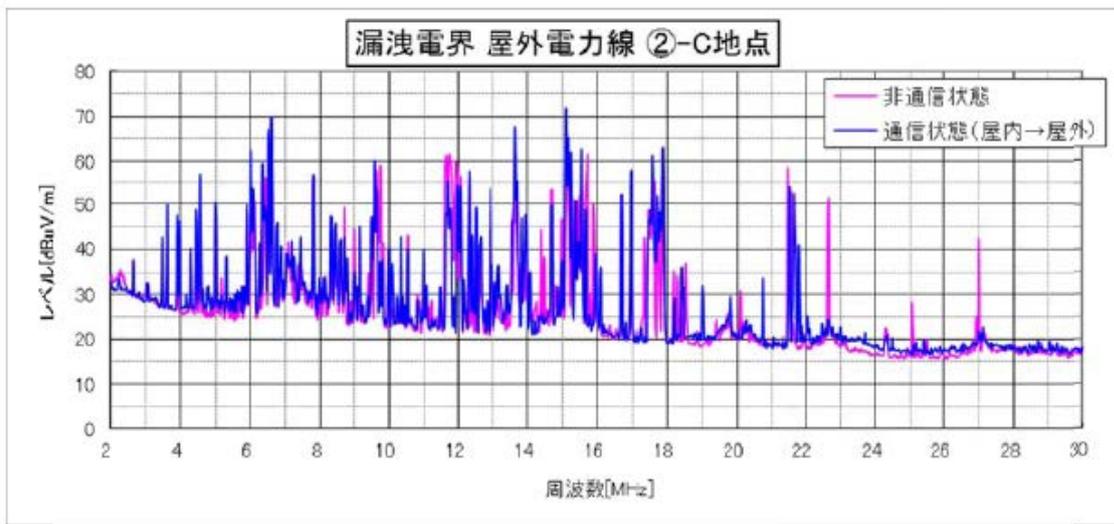
図4.12 HD-PLC検証ハウス(EV-II)

図4.12において、離隔距離が10mである位置は②-Cだけである。この結果は以下のとおりである。





(a-1) 屋外から屋内



(a-2) 屋内から屋外

図4.13 HD-PLC検証ハウス(EV-II)における実測値と累積確率分布特性(屋内から屋外へは除く)

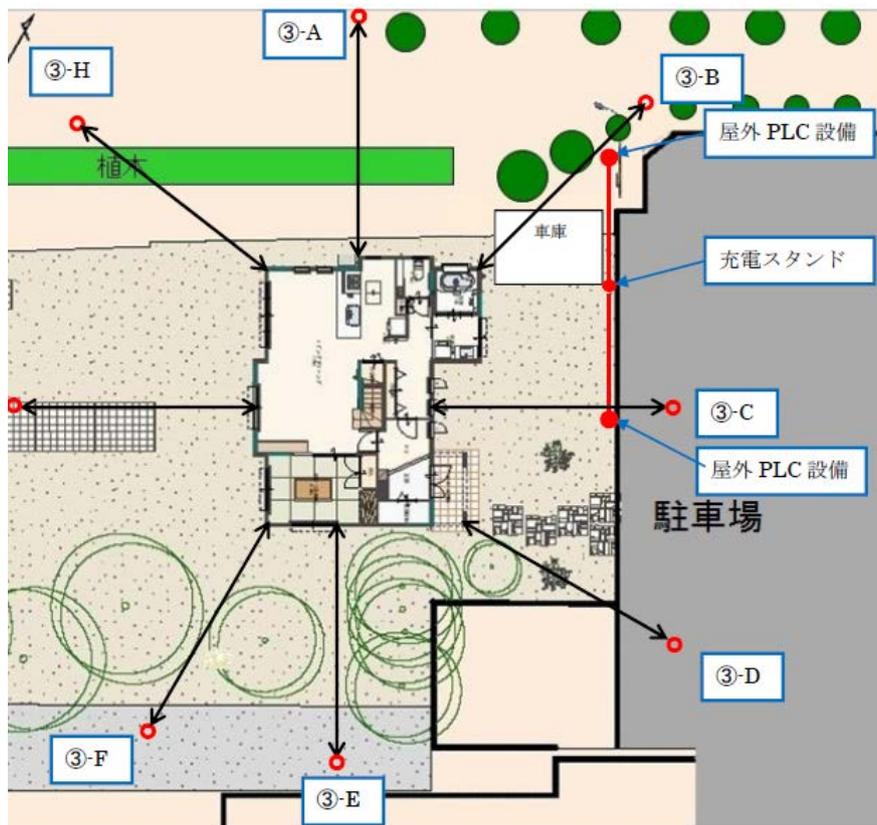
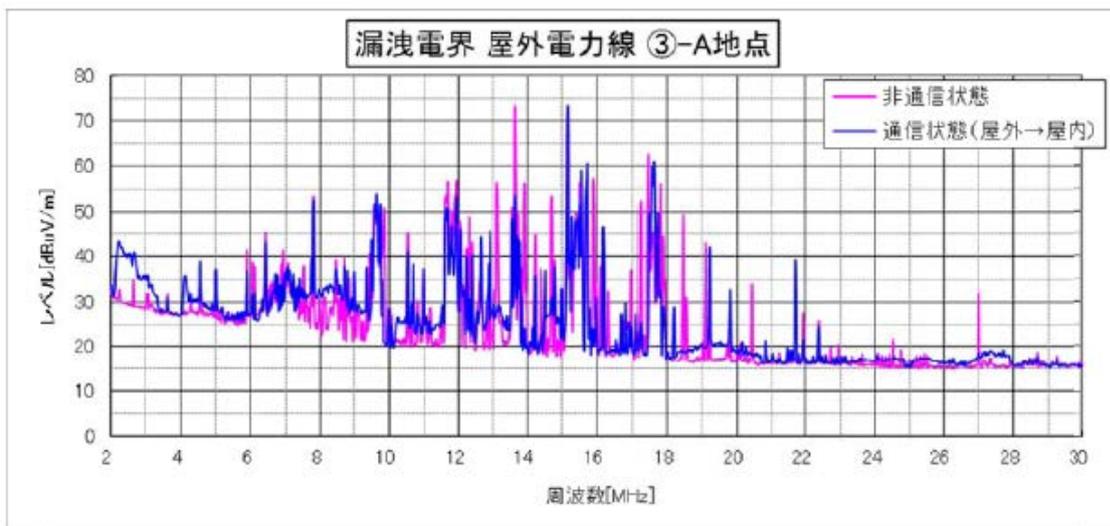
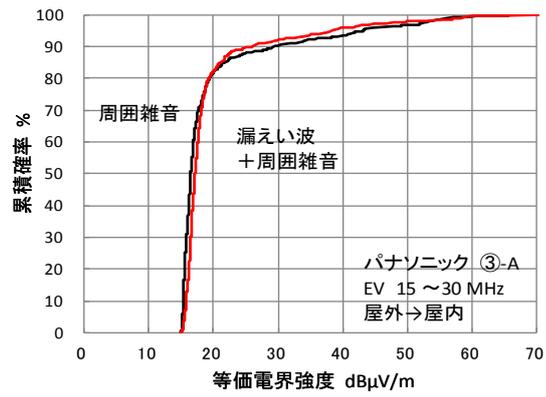
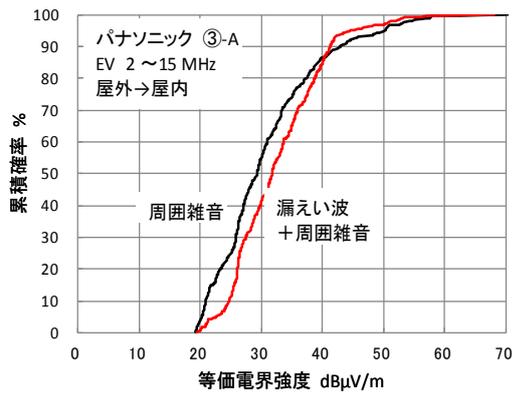


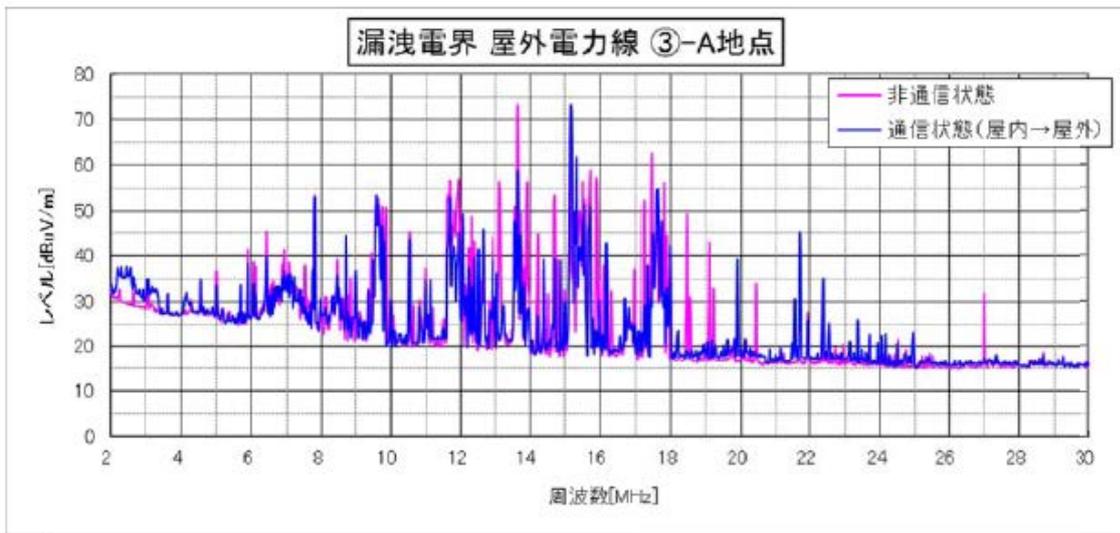
図4.14 HD-PLC検証ハウス(EV-III)

図4.14において、離隔距離が10mである位置は、③-Aと③-Dである。この結果は以下のとおりである。

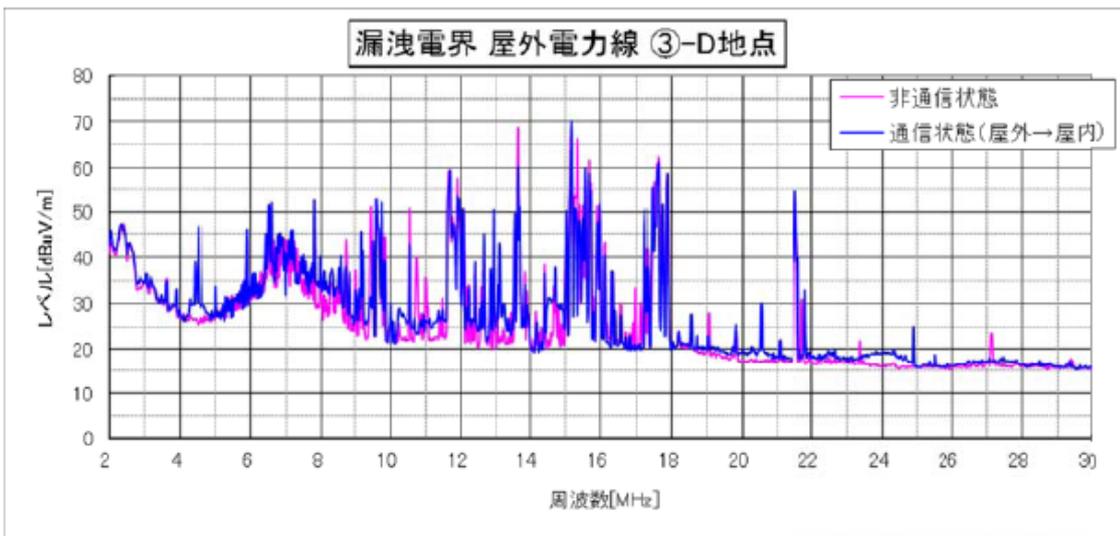


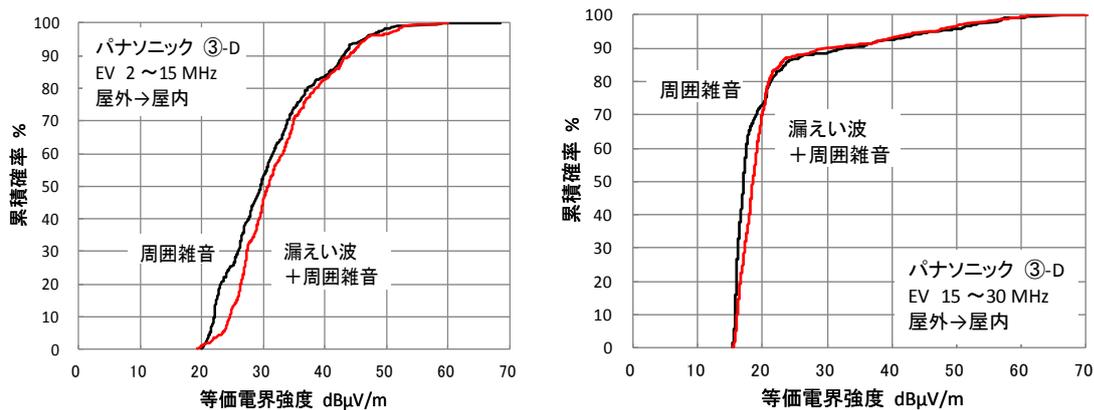


(a-1) 屋外から屋内

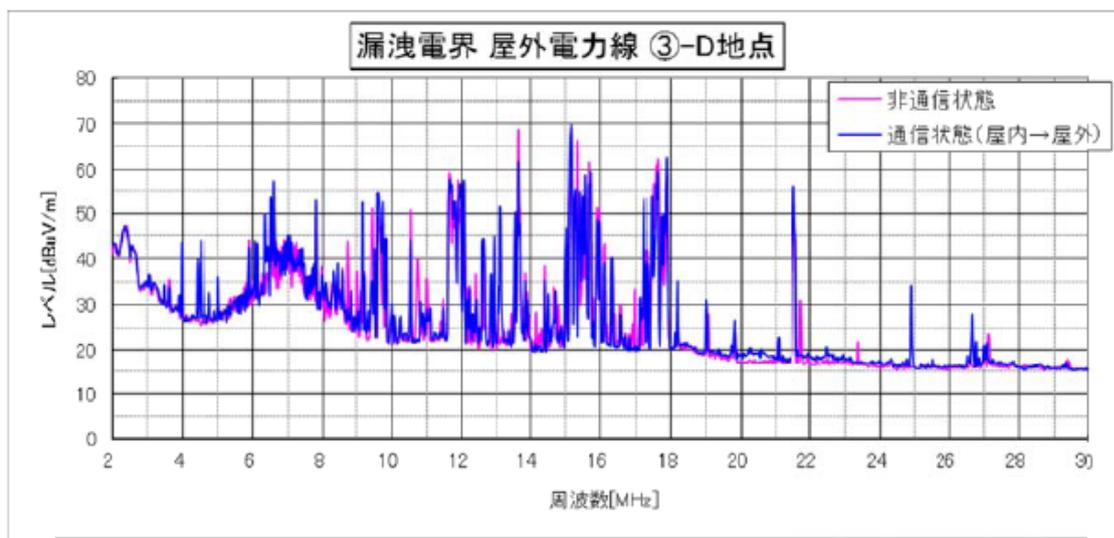


(a-2) 屋内から屋外





(b-1) 屋外から屋内



(b-2) 屋内から屋外

図4.15 HD-PLC検証ハウス(EV-III)における実測値と累積確率分布特性(屋内から屋外へは除く)

以上のHD-PLC検証ハウスにおけるEVモデルでの測定結果から、PLC非動作時(周囲雑音)と動作時において差異が大きい周波数領域での漏えい電界強度による増加分を評価すると表4.3となる。

表4.3 HD-PLC検証ハウスでのEVモデルでの測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度による増加分の評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB μ V/m)	PLC 漏えい波 あり (dB μ V/m)	増分(dB)
福岡①-A	7.460~9.392	27.53	32.44	4.91
福岡①-B	7.460~9.392	28.52	29.72	1.20
福岡①-C	7.460~9.392	28.63	32.28	3.66
福岡①-D	7.460~9.392	29.32	32.84	3.51
福岡①-E	7.460~9.392	29.12	32.30	3.18
福岡①-F	7.460~9.392	28.76	32.43	3.67
福岡①-G	7.460~9.392	28.89	33.12	4.23
福岡①-H	7.460~9.392	29.72	32.94	3.22
福岡②-C	7.460~9.392	29.99	34.84	4.85
福岡③-A	7.460~9.392	27.90	32.00	4.11
福岡③-D	7.460~9.392	30.47	33.57	3.11

以上のEVモデルでの測定結果からは、以下のことが言える。

- ・ シミュレーションで予測されたように電力線の高さが低いことから、漏えい電界強度はカメラモデルに比べて小さい。
- ・ 15MHz以上の帯域では、PLC動作時と非動作時では顕著な差は測定されなかった。
- ・ ここでの測定結果では、PLC動作時では最大約5dBの増加であった。