

情報通信審議会 情報通信技術分科会
電波利用環境委員会報告書

目次

1	検討事項.....	1
2	委員会の構成.....	1
3	検討経過.....	1
4	検討概要.....	4
4.1	背景.....	4
4.2	広帯域電力線搬送通信設備に関する現行法令.....	4
4.3	検討課題.....	5
4.3.1	三相線利用（引込口分電盤から負荷側の電力線利用）に関する要望.....	5
4.3.2	屋外での利用（引込口分電盤より上流の電力線利用）に関する要望.....	6
4.3.3	当面の検討課題.....	6
5	検討内容.....	8
5.1	モーメント法による電磁界解析の可能性の検討.....	8
5.2	工場内三相電力線の電気的特性の調査.....	11
5.3	PLC 設備が接続されていない第3線の影響に関する検討.....	12
5.3.1	伝送線路理論に基づく検討.....	12
5.3.2	モーメント法を用いた電磁界解析による検討.....	14
5.4	工場等の屋内三相電力線からの磁界強度に関する検討.....	22
5.4.1	モーメント法を用いた電磁界解析による検討.....	22
5.4.2	測定調査.....	27
5.5	工場等の屋外三相電力線からの磁界強度に関する検討.....	33
5.5.1	モーメント法を用いた電磁界解析による検討.....	34
5.5.2	測定調査.....	41
5.6	鋼船における PLC 設備利用に関する検討.....	45
5.7	地中及び水中に配線された電力線の使用に関する検討.....	47
5.8	外壁コンセントに接続可能な PLC 設備に関する検討.....	51
5.9	上空が覆われていない大型建物の PLC 設備に関する検討.....	52
5.10	中遠距離における電波伝搬の影響に関する検討.....	55
6	PLC 設備の現行許容値及び測定法の修正と明確化.....	56
7	諸外国の現状.....	57
7.1	CISPR における審議状況.....	57
7.2	米国の状況.....	57
7.3	欧州の状況.....	58
8	まとめ.....	59

8.1 PLC 設備の利用範囲の拡大.....	59
8.2 IoT 時代に対応した測定法等の整備	59
8.3 現行規則の解釈に関する明確化	59
8.4 広帯域 PLC 設備の製造業者などの関係者の努力	60
9 検討結果.....	61
別表 1	62
別表 2	63
別添	65

1 検討事項

情報通信審議会情報通信技術分科会電波利用環境委員会(以下、「委員会」という。)は、電気通信技術審議会諮問第3号「国際無線障害特別委員会(CISPR)の諸規格について」に基づき、「広帯域電力線搬送通信設備の利用高度化に係る技術的条件」について検討を行った。

2 委員会の構成

委員会は、検討の促進を図るために委員会の下に設置された高速電力線搬送通信設備作業班(以下、「作業班」という。)で検討を行った。

委員会及び作業班の構成は、それぞれ別表1及び別表2のとおりである。

3 検討経過

検討経過は次のとおりである。

(1) 電波利用環境委員会

ア 第31回(平成29年12月4日)

広帯域電力線搬送通信設備(以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。)の三相電力線の利用について検討するために作業班の再開が承認された。

イ 第39回(令和元年5月30日)

作業班の報告を基に、「広帯域電力線搬送通信設備の利用高度化に係る技術的条件」に関する検討が行われた。

ウ 第40回(令和元年7月12日)

「広帯域電力線搬送通信設備の利用高度化に係る技術的条件」の電波利用環境委員会報告(案)に対する意見募集の結果及び意見に対する考え方等について検討が行われた。

(2) 電波利用環境委員会 高速電力線搬送通信作業班

ア 第10回(平成29年10月20日)

作業班の再開及び主任の指名について説明があり、主任代理及び構成員の指名並びにスケジュールについて確認等が行われた。また、検討対象とするPLC設備の利用高度化の検討について、また事前に行われていた放射ノイズの測定結果等の説明が行われた。

イ 第11回（平成30年2月2日）

第10回で提出された結果の説明に対する意見書、指摘事項に関する検討報告、屋外利用高度化に向けた方策の提案等があった。

ウ 第12回（平成30年4月26日）

三相電力線利用について、検討対象として工場における実験結果データが提出され、さらに屋外利用に関しての検討対象の提案と実験結果の報告もあった。これらに関する検討では多くの質疑が交わされた。

エ 第13回（平成30年6月22日）

三相線利用の検討対象についての提案、通信ポートへの影響評価の測定結果、鋼船での測定結果の報告があり検討を行った。

これまでに提出されたPLC設備の利用高度化についての提案は非常に多岐にわたり、一括りでの検討は無理であることから、当面の中心的な検討対象について提案があり、これが了承された。

オ 第14回（平成30年7月30日）

電力線搬送通信設備に関する過去の検討概要について改めて確認を行い、今後の方針を確認した。また、シミュレーションと測定による第3線による影響の検証法について報告があった。

カ 第15回（平成30年10月11日）

三相電力線利用について建物周辺の電磁界に関する測定やシミュレーション結果の報告、工場における縦電圧変換損（LCL）、コモンモードおよびディファレンシャルモードインピーダンスの測定結果の報告などがあった。

第13回の作業班での検討を基に構成員から「外壁コンセントに接続できる広帯域電力線搬送通信設備について」の提案があった。

キ 第16回（平成30年12月26日）

第15回作業班に提案された「建物の外壁コンセントに接続できる広

帯域電力線搬送通信設備」について検討を行い、「家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントに直接接続できるPLC設備は屋内PLC設備でなく、一般のPLC設備（通称、屋外用PLC設備）とする」ことを決めた。

屋外での実証実験について、主な結果に関する報告を行い、今後の分析方法について検討した。

ク 第17回（平成31年2月28日）

様々な利用形態に対応した各種の配線モデルについて、コモンモード電流と漏えい電界の電磁界シミュレーション（モーメント法）の結果に関する報告があった。

また、実証実験の分析を踏まえた許容値案について報告が行われるとともに、それを取り入れた報告案の提案があった。

ケ 第18回（平成31年4月25日）

事前に配布された報告書案に対する意見・追加修正案の提案があった。議論の結果、これらを参考に報告書案に一部加筆・修正することで最終案とすることになった。

4 検討概要

4.1 背景

広帯域 PLC 設備については、平成 18 年に屋内での利用が、平成 25 年に一部屋外での利用が制度化され、家庭内 LAN や集合住宅セキュリティシステム等で利用されている。

近年、広帯域 PLC 設備の高度利用として、ワイヤレス通信が困難な工場内でのセンサー情報収集や既設の電力線を持つ街灯の制御等について、技術開発や実験が進んできており、IoT 基盤構築の有効な手段の一つとして、広帯域 PLC 設備の活用が期待されている。こうした状況を踏まえ、広帯域 PLC 設備の三相電力線の利用や屋外利用について、IoT の進展により増加・多様化する無線システムとの共存条件等、技術的条件の検討を行う。

4.2 広帯域電力線搬送通信設備に関する現行法令

PLC 設備については、屋内用設備の型式指定等に関わる許容値及び測定法が平成 18 年度の情報通信審議会情報通信技術分科会・CISPR 委員会で、さらに屋外用設備の許容値及び測定法が平成 24 年度の同分科会・電波利用環境委員会で審議された。その結果、電波法施行規則等に、以下のような条文が追加された。

電波法施行規則

第四十四条 法第百条第一項第一号の規定による許可を要しない通信設備は、次に掲げるものとする。

一 電力線搬送通信設備(電力線に一〇kHz 以上の高周波電流を重畳して通信を行う設備をいう。以下同じ。)であつて、次に掲げるもの

(1) 定格電圧一〇〇ボルト又は二〇〇ボルト及び定格周波数五〇ヘルツ又は六〇ヘルツの単相交流を通ずる電力線を使用するものであつて、その型式について総務大臣の指定を受けたもの

(2) (省略)

2 前項第一号の(1)の総務大臣の指定は、次に掲げる区分ごとに行う。

一 (省略)

二 一般の需要に応じた電気の供給に係る分電盤であつて、一般送配電事業者(電気事業法第二条第一項第九号に規定する一般送配電事業者をいう。)が維持し、及び運用する電線路と直接に電氣的に接続され引込口において

設置されるものから負荷側において二 MHz から三〇MHz までの周波数の搬送波により信号を送信し、及び受信する電力線搬送通信設備(以下「広帯域電力線搬送通信設備」という。)であつて、次に掲げるもの

- (1) 屋内広帯域電力線搬送通信設備(屋内においてのみ使用する広帯域電力線搬送通信設備をいう。以下同じ。)
- (2) コンセント(家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントであつて、屋内電気配線と直接に電氣的に接続されたものに限る。)に直接接続される屋外の電力線又はこの電力線の状態と同様の電力線(屋内電気配線と直接に電氣的に接続されたものに限る。)を使用し、かつ、屋内の電力線を使用する広帯域電力線搬送通信設備

すなわち、現在許可されている PLC 設備に関する主な条件は以下の通りである。

- ① 定格電圧 100V 又は 200V 及び定格周波数 50Hz 又は 60Hz の単相交流を通ずる電力線を使用すること。
- ② 一般送配電事業者の電線路と接続される分電盤から負荷側において信号を送受信すること。

また、PLC 設備は以下の 2 種類に分けられる。

- (a) 屋内においてのみ使用するもの(屋内用 PLC 設備)。
- (b) 家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントに直接接続される屋外の電力線(又は同様な状態の電力線)を使用し、かつ、屋内の電力線を使用するもの(屋外用 PLC 設備)。

電波法施行規則により、屋外用 PLC 設備は、屋内用 PLC 設備よりも通信状態における電力線への伝導妨害波の電流の許容値が 10dB 低いなど、許容値が低く設定されている。

なお、これまでのところ受信障害の原因が特定された事例の中で上記の PLC 設備による受信障害は確認されていない。

4.3 検討課題

PLC 設備に関する前記の条件について、利用高度化を図る観点から、工業会「高速電力線通信推進協議会(PLC-J)」から多数の検討要望が出された。作業班での数回の検討の後、以下に記された要望としてまとめられた。

4.3.1 三相線利用(引込口分電盤から負荷側の電力線利用)に関する要望
要望事項は、以下の項目であつた。

ステップ1として

- (1) 分電盤/配電盤より負荷側且つ屋内（地中・水中含）の配線での利用については、
 - ① 電圧 100V/200V、周波数 50Hz/60Hz の単相交流の規定を（屋内配線に限り）限定無しとすること。
 - ② 外壁コンセントに接続できる PLC 設備の種類を検討を行うこと。
- (2) 分電盤/配電盤より負荷側且つ屋内～屋外に渡る配線での利用については、電圧 100V/200V、周波数 50Hz/60Hz の単相交流を限定無しとすること。
- (3) 船舶(鋼船)内での利用については、
 - ① 「定格電圧 100V/200V、定格周波数 50Hz/60Hz の単相交流」を限定なしとすること。
 - ② 「一般送配電事業者の電力線に接続される分電盤より負荷側」を限定無しとすること
 - ③ 「屋内」においてのみ使用を「鋼船」でも利用可とすること。

ステップ2として、

分電盤/配電盤より負荷側且つ屋外露設の設備での利用については、

- ① 「家屋に付随する分電盤と配線」を「屋外露設の分電盤・配線」も可とすること。

その他の検討対象として、

接続される一次側電力系統について、現状利用可能範囲は「一般送配電事業者系統配下の配線」に限られているが、これを「特定送配電事業者系統配下の配線及び自営発電網配下の配線」でも利用可能とすること。

4.3.2 屋外での利用（引込口分電盤より上流の電力線利用）に関する要望

要望事項は、以下の項目であった。

ステップ1として

- (1) 「引込線取付点から負荷側において使用できる電力線搬送通信設備」を「引込線取付点から負荷側（分電盤の有無・屋内外問わず利用可）」とすること。
- (2) 通信対象機器間の地中電線路の利用を可とすること。

ステップ2として

- (1) 架空電線路系統（6,600V 以下）を利用した通信を可とすること。

4.3.3 当面の検討課題

上記の要望課題は広範囲で技術的検討課題が非常に多いため、以下の5課題について優先的に検討することになった。

- (1) 屋内電力線に設置する PLC 設備
 - ・ 三相電力線
 - ・ 電圧 600V 以下
- (2) 屋外電力線に設置する PLC 設備
(外壁屋外コンセントから外に伸びる電力線及び同様な状態の電力線)
 - ・ 三相電力線
 - ・ 電圧 600V 以下
- (3) 外壁屋外コンセントに直接接続する PLC 設備
- (4) 地下埋設・水中の電力線での使用
- (5) 船舶（鋼船：鋼製の船舶）の広帯域 PLC 設備

なお、上記の検討課題のほか、他の課題も必要に応じて検討することにした。

5 検討内容

平成 18 年度及び平成 24 年度において検討した PLC 設備が設置可能な電力線は単相二線方式であり、三相線になると付随する電力線が増えることとなる。このため、第 3 線による漏えい電磁界がどの程度変化するかを見極めることが重要となった。また、既に屋内用及び屋外用 PLC 設備の使用が許可されているので、これらの設備が三相線で運用された場合の周囲雑音の変化を評価し、既存無線局との周波数共用の可能性を検討する必要がある。このため作業班では、従前の漏えい電磁界の評価法を踏襲しながら、各種の検討を行った。

なお以下では、漏えい電磁界を単に磁界又は電界と称し、磁界強度を帯域幅 10kHz 当たりの等価電界強度（磁界強度×377Ω）で表し、各偏波成分の 2 乗和の平方根を示している。また、単相電力線の 2 線あるいは三相電力線の 3 線を同一方向に流れる電流成分をコモンモード電流または同相電流と称する。

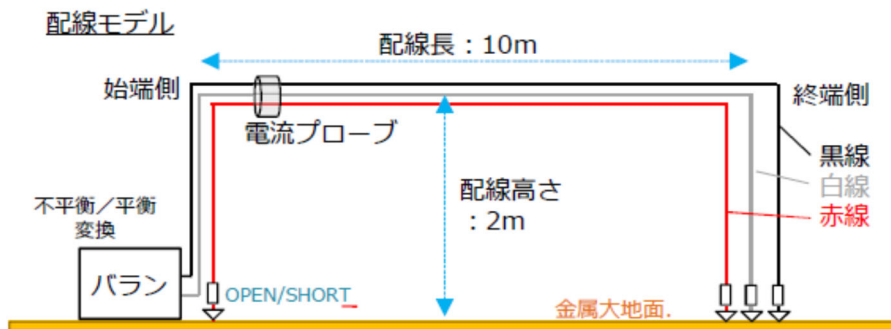
5.1 モーメント法による電磁界解析の可能性の検討

実際に多種多様な環境や配線形態の電力線に PLC 設備を接続して、漏えいする電磁界を測定することは困難である。このため、モーメント法による電磁界解析が不可欠である。その有効性を確かめるために、長さ約 10 m のモデル線路をオープンサイト試験場に設置し、磁界強度の測定結果と解析結果の比較を行った。

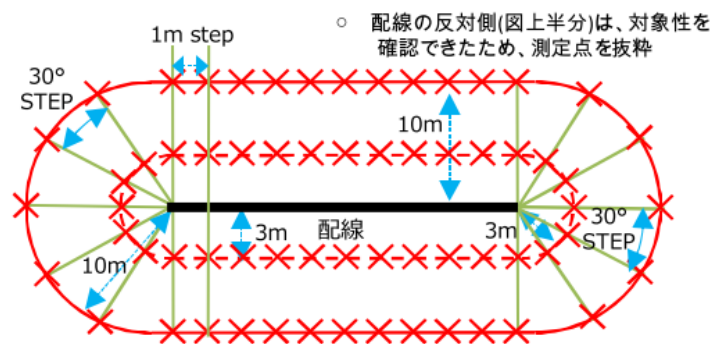
図 5.1(a)は測定試験場での測定系の全体像であり、線路高が一定になるように VVF ケーブルが発泡スチロール台上に設置してある。(b)は使用したモデル線路の配線を、(c)は測定位置を示している。



(a) 測定系全体外観



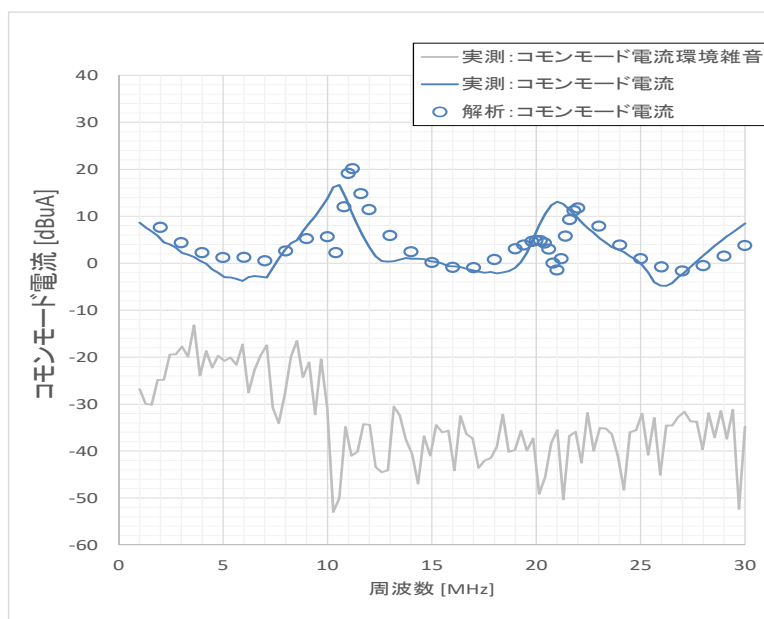
(b) 測定対象モデル配線 (測定器の記載省略)



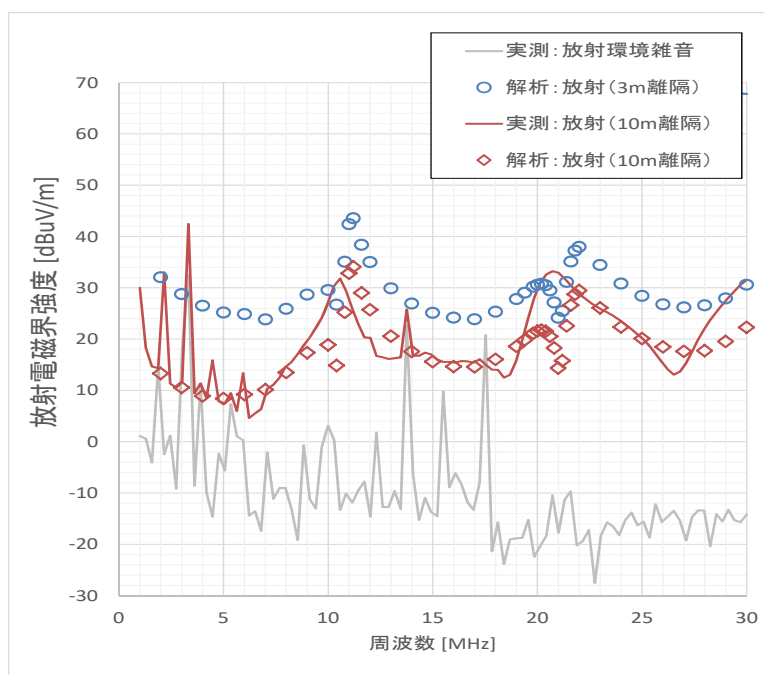
(c) 配線と測定位置

図 5.1 実験サイトに
設置したモデル配線と測定位置

次の図 5.2 は 3 芯の VVF ケーブルの場合での測定結果とモーメント法による電磁界解析結果例を示している。



(a) コモンモード電流



(b) 磁界強度 (等価電界強度表示)

図 5.2 モーメント法による電磁界解析結果と測定値との比較結果 (VVF3 芯) 例

この結果が示すように、モーメント法による電磁界解析結果と測定結果が良く一致しており、電磁界解析手法の妥当性が確認できた。

5.2 工場内三相電力線の電気的特性の調査

モーメント法による電磁界解析を行う場合、電力線の特徴データが必要になる。これまでに単相二線の特徴は知られていた。今回、5か所の工場などにおいて、三相線を対象に79地点で測定した26061個の測定データを基にして、電力線のディファレンシャルモードインピーダンス (DMZ)、コモンモードインピーダンス (CMZ) 及び縦電圧変換損 (LCL) の頻度分布及び累積分布を求めた。その結果を次図に示す。

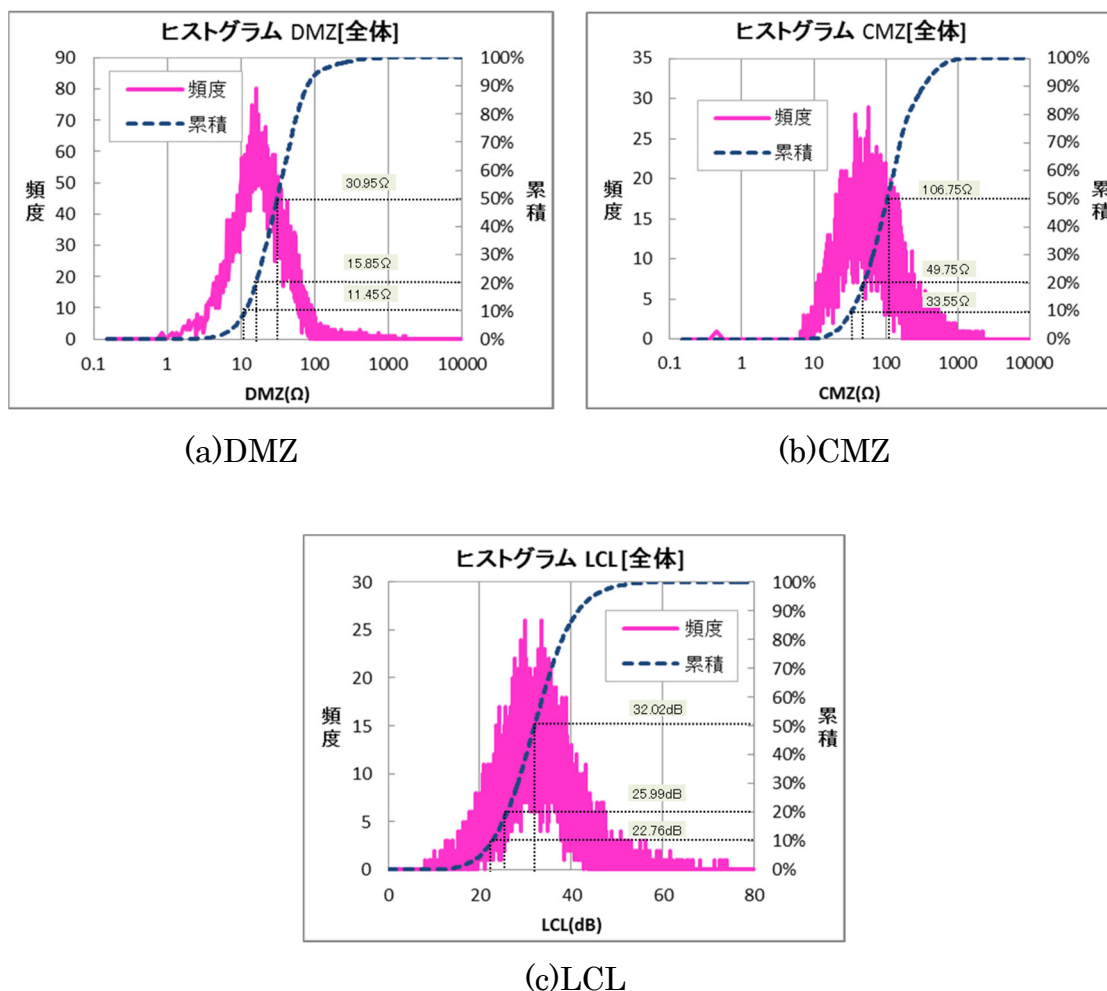


図 5.3 工場内三相線システムにおける電気的特性：
 (a)ディファレンシャルモードインピーダンス(DMZ)、
 (b)コモンモードインピーダンス(CMZ)、 (c)縦電圧変換損 (LCL)
 の頻度分布 (赤) と累積
 分布 (青破線)

以上の結果、累積確率 50%の値は、DMZ が 31 Ω 程度、CMZ が 107 Ω 程

度、LCLが32 dB程度であることが判った。

なお、モーメント法による電磁界解析では、上記の工場内三相線の電気的特性及び現状のPLC設備の認証試験装置の特性を参考にして、DMZ=100 Ω、CMZ=25 Ω、LCL=16 dB（このLCLは三相電力線においても最悪条件に近い値となっている）を採用することにした。

5.3 PLC設備が接続されていない第3線の影響に関する検討

三相三線の電力線にPLC設備が接続された場合、PLC設備を接続していない第3線の電磁界に及ぼす影響が問題になった。このため、伝送線路理論と電磁界解析によって第3線の影響を検討した。単相二線の電力線については既にPLC設備が市販されており、その帯域幅10kHz当たりの電力は次のようなものである。

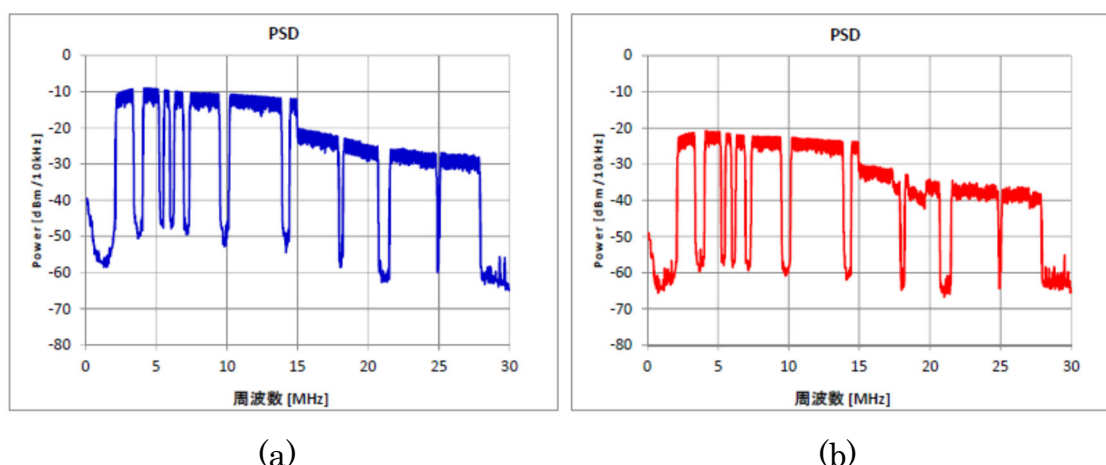


図 5.4 市販されている PLC 設備の出力電力密度：(a)屋内用と(b)屋外用

図 5.4 に示したように、出力は規則によって 15 MHz を境にして高域側では低域側に比べて 10 dB 低く、また屋外用設備は屋内用設備に比べて 10 dB 低い。また PLC 設備の出力インピーダンスが 24 Ω、受信側の入力インピーダンスが 75 Ω 程度であることから、屋内用 PLC 設備の等価電源電圧は低域側で 0.1 V、高域側で 0.032 V、屋外用では低域側で 0.032 V、高域側で 0.01 V と仮定して電磁界解析を行っている。

5.3.1 伝送線路理論に基づく検討

三相線に 2 本線用の PLC 設備を接続することによって漏えいする電磁界が変化するが、この原因は主として 3 線を同一方向に流れる電流（同相電流）の変化による。負荷条件を変化させると同相電流は変動し、それを理論的に把握

することは困難である。このため、5.2節で調査した電気的特性に基づいて線路両端の接続回路のDMZ、CMZ、LCLを確率的に変化させ、伝送線路理論を用いて同相電流の変化分布を解析した。

図5.5は、線径3mm、線間隔5mm、線路高4mで通信区間の長さ50mの線路系でのPLC信号電流と同相電流の最大値分布と平均値分布の計算結果例である。

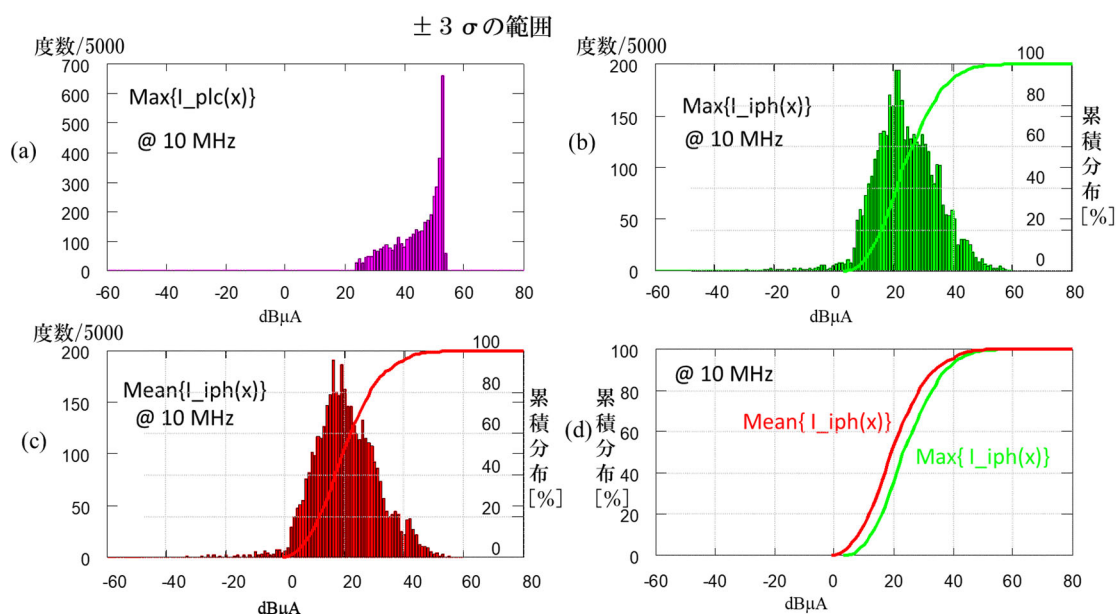


図 5.5 3本線路($x=0\sim 50$ m)系での PLC 信号電流(I_{plc})と同相電流(I_{iph})の最大値分布と平均値分布の計算結果例

この結果から、ディファレンシャルモードで伝搬する PLC 信号は、ある電流値に偏った分布を示していることが判る。しかし、同相電流は異なる性質を示し、伝送線路理論の適用が可能な周波数帯域で以下のことが判った。

- (1) 通信線路区間上の同相電流の最大値と平均値の確率分布は、dB で表した正規分布と見なすことができる。
- (2) これらは周波数に関わらずほとんど同じような性質を示している。

以上の考察は、確率分布から求めた結果について述べているが、第3線の効果がどのように作用するかメカニズムを示したものではない。このためには、パラメータを変化させたときの同相電流や漏えいする電磁界の関係を電磁界解析することから知る必要がある。

5.3.2 モーメント法を用いた電磁界解析による検討

一般に、PLC 設備を接続した平行 2 線に第 3 線を付加すると、同相電流も電磁界も変化することが考えられる。このため、モーメント法による電磁界解析を用いて第 3 線の影響を調べた。以下では、PLC 設備を接続した平行 2 線（金属大地面上の高さ 4 m、線路長 100 m）に付加した第 3 線との間の接続負荷の値を様々に変えて、平衡条件が変化した場合についての同相電流と磁界強度の計算結果を示す。なお、3 線の同相電流は 2 線の共通モード電流に相当する。

磁界強度は線路からの離隔距離 10 m、金属大地面から高さ 1.3 m における値である。また、図の電流値及び磁界強度値は線路に沿った振幅分布の平均値である。なお、前述したように磁界強度は等価電界強度で表示している。

(I) PLC 設備接続 2 線の平衡状態が悪い場合 (LCL16 dB)

単相二線の場合 (Case 0) を参考に三相三線の接続負荷モデルとして以下の Case 1 から Case 4 を取り上げて検討した。Case 1 と Case 2 は平衡状態の悪い PLC 設備接続 2 線と第 3 線の結合が小さいモデルであり、Case 3 と Case 4 は結合が強いモデルである。

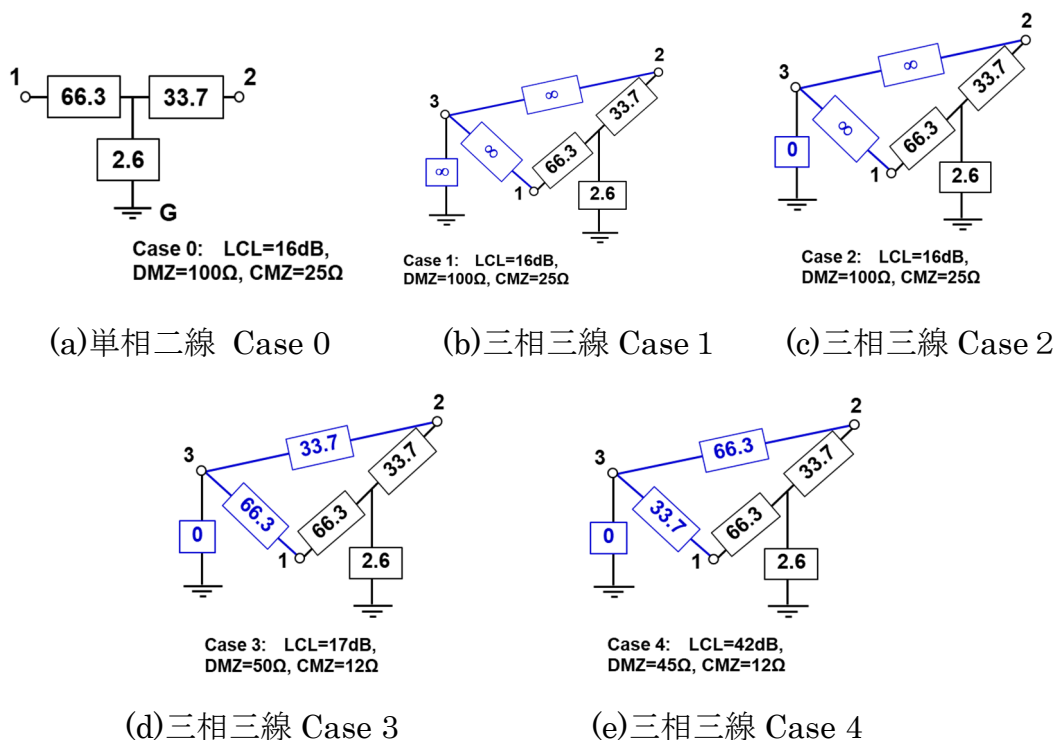
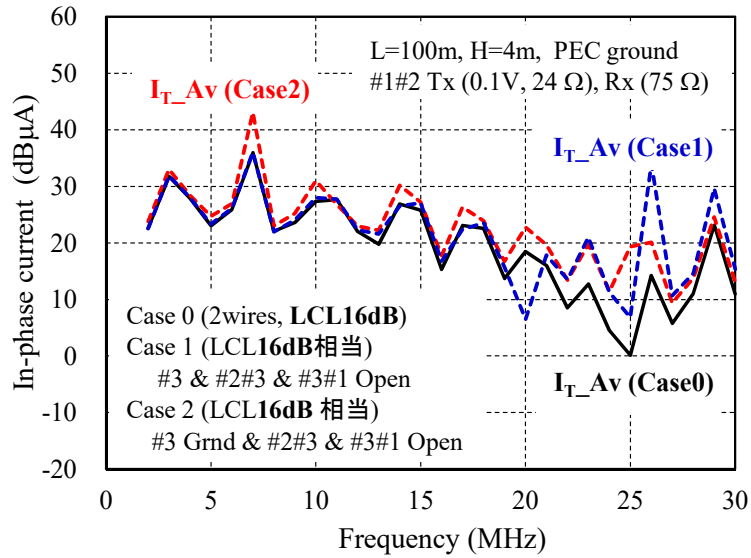


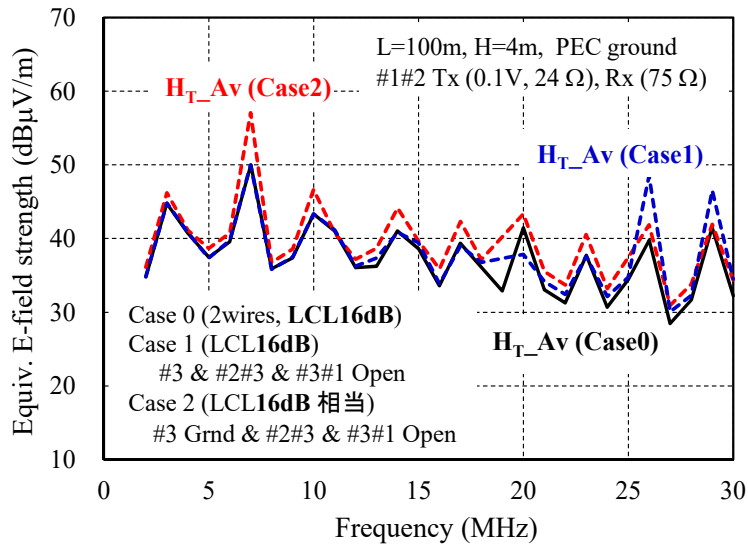
図 5.6 PLC 設備接続 2 線と第 3 線との接続条件を変えた解析モデル：
(PLC 設備接続 2 線の平衡状態が悪い場合。図の数字は抵抗値 Ω)

このモデルでの単相二線系及び三相三線系の同相電流の計算結果と磁界強度の計算結果を次図に示す。

(I-1) 結合が弱い場合



(a) 同相電流 I_T 平均値

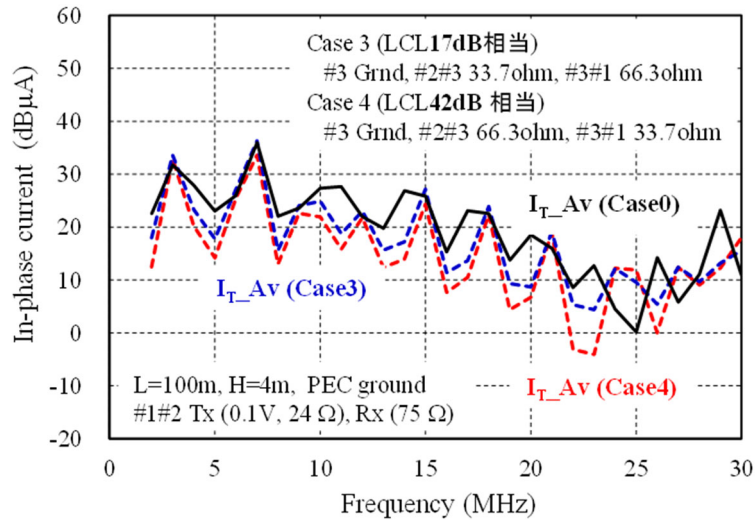


(b) 磁界強度 H_T 平均値

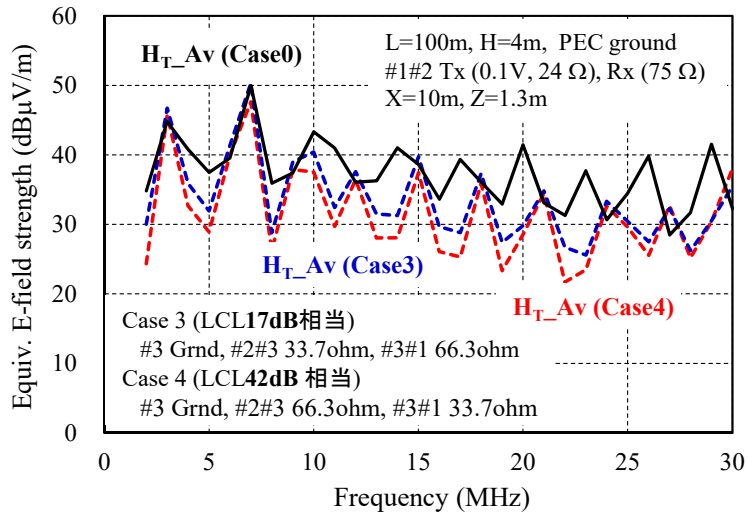
図 5.7 同相電流及び磁界強度（等価電界強度表示）の周波数特性：
PLC 設備接続 2 線の平衡状態が悪く (LCL=16 dB)、
第 3 線と PLC 設備接続 2 線との結合が弱い場合 (Case 1~2)

図 5.7 の結果から、PLC 設備接続 2 線の平衡状態が悪い場合（例えば LCL=16 dB）、付加した第 3 線が PLC 設備接続 2 線と線路終端における結合が弱ければ（Case 1~2）第 3 線の影響は小さいことが判る。

(I-2) 結合が強い場合



(a) 同相電流 I_T 平均値



(b) 磁界強度 H_T 平均値

図 5.8 同相電流及び磁界強度（等価電界強度表示）の周波数特性：
PLC 設備接続 2 線の平衡状態が悪く(LCL16 dB)、
第 3 線と PLC 設備接続 2 線との結合が強い場合(Case 3~4)

図 5.8 の結果からは、第 3 線と PLC 設備接続 2 線との終端結合が強ければ (Case 3~4)、平衡状態が改善されて磁界強度が低下することが判る。

(II) PLC 設備接続 2 線の平衡状態が良い場合 (LCL32 dB)

PLC 設備を接続した 2 線の平衡状態が良い Case A を基にして、Case B と Case C は PLC 接続 2 線と第 3 線の結合が弱いモデル、Case D と Case E は結合が強いモデルである。

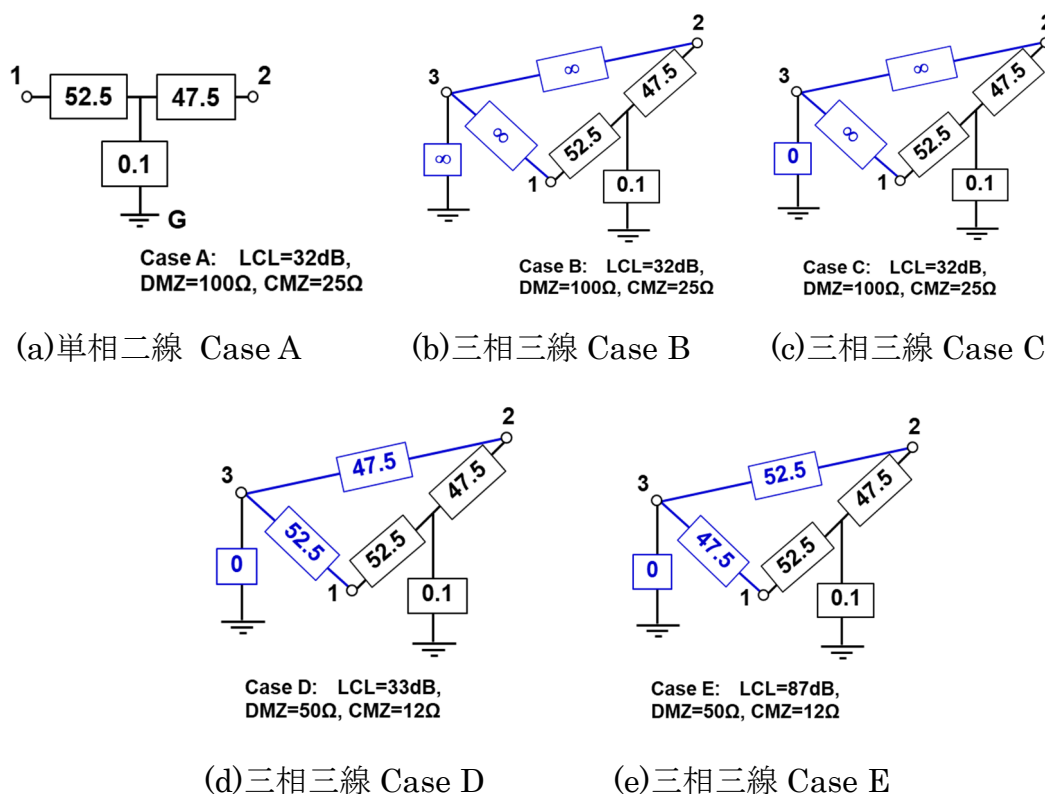
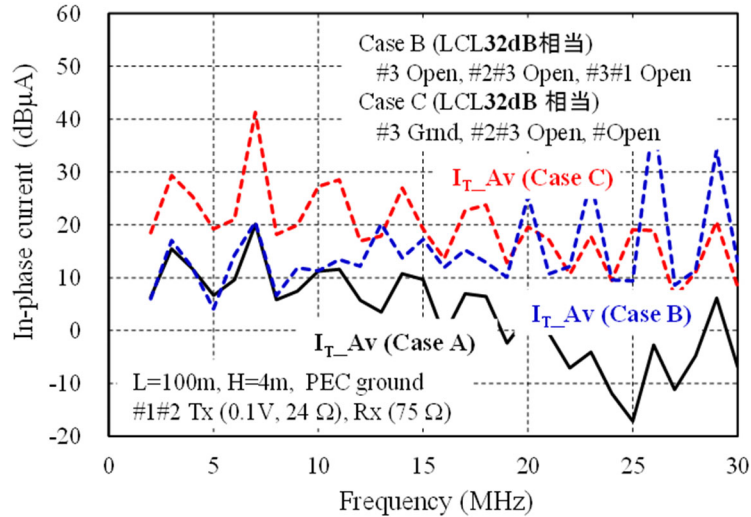


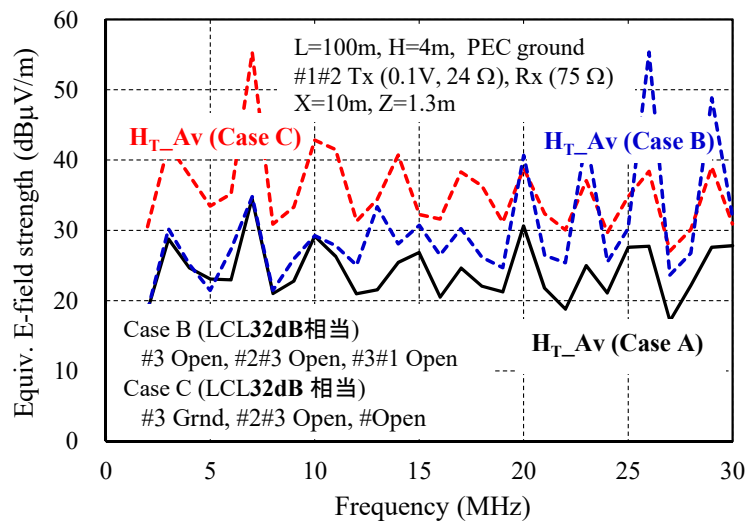
図 5.9 PLC 設備接続 2 線と第 3 線との接続条件を変えた解析モデル (PLC 設備接続 2 線の平衡状態が良い場合。図の数字は抵抗値 Ω)

このモデルでの単相二線系及び三相三線系の同相電流の計算結果と磁界強度の計算結果を次の図 5.10 から図 5.11 に示す。

(II-1) 結合が弱い場合



(a) 同相電流 I_T 平均値

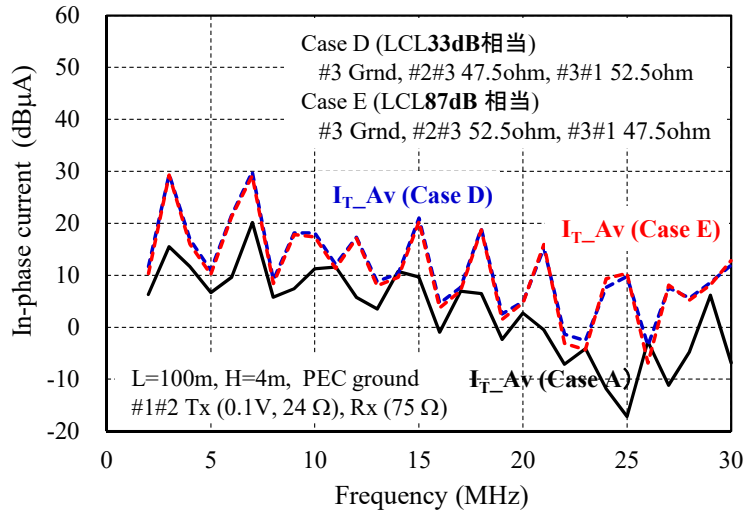


(b) 磁界強度 H_T 平均値

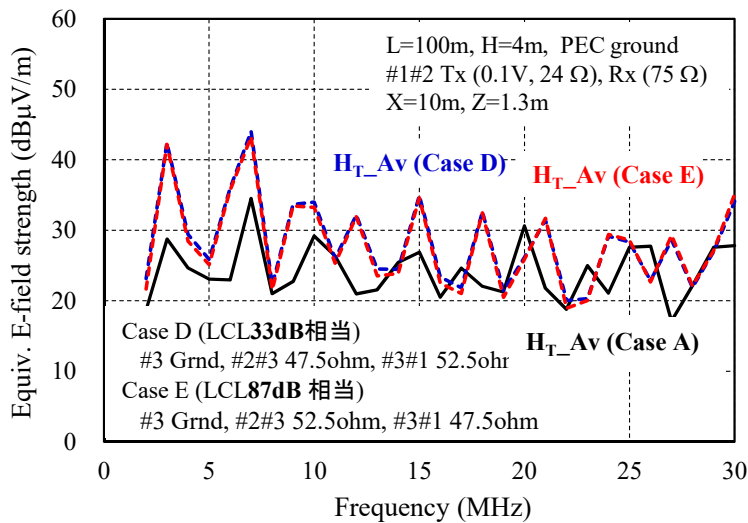
図 5.10 同相電流及び磁界強度（等価電界強度表示）の周波数特性：
PLC 設備接続 2 線の平衡状態が良く (LCL=32 dB)、
第 3 線と PLC 設備接続 2 線との結合が弱い場合 (Case B~C)

図 5.10 の解析結果からは、PLC 設備接続 2 線の平衡状態が良い場合、付加した第 3 線が PLC 設備接続 2 線と線路終端における結合が弱ければ、第 3 線の影響は小さいことが判る。

(II-2) 結合が強い場合



(a) 同相電流 I_T 平均値



(b) 磁界強度 H_T 平均値

図 5.11 同相電流及び磁界強度（等価電界強度表示）の周波数特性：
PLC 設備接続 2 線の平衡状態が良く (LCL=32 dB)、
第 3 線と PLC 設備接続 2 線との結合が強い場合 (Case D~E)

図 5.11 の解析結果から、付加した第 3 線と PLC 設備接続 2 線との終端結合が強ければ、平衡状態が悪くなって磁界強度が上昇する可能性があることが判る。

以上の解析結果を「3線の終端条件と同相電流の関係」としてまとめたものが表 5.1 に、「3線の終端条件と磁界強度の関係」としてまとめたものが表 5.2 である。

表 5.1 3線の終端条件と同相電流の関係

LCL 16 dB		終端条件	同相電流 dB μ A		LCL 32 dB		終端条件	同相電流 dB μ A	
2 wire	Case 0		2-14 MHz	15-30MHz	2 wire	Case A		2-14 MHz	15-30MHz
3 wire	Case 1	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3= ∞	26.2	17.9	3 wire	Case B	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3= ∞	12.5	16.9
	Case 2	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3=0	27.8	18.7		Case C	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3=0	23.9	15.7
	Case 3	Z23=33.7 Z31=66.3 Z3=0	22.7	12.6		Case D	Z23=47.5 Z31=52.5 Z3=0	16.5	7.4
	Case 4	Z23=66.3 Z31=33.7 Z3=0	20.0	10.2		Case E	Z23=52.5 Z31=47.5 Z3=0	15.8	7.0
	Case 0		25.9	14.1		Case A		9.7	-2.4

表 5.2 3線の終端条件と距離 10m における磁界強度（等価電界強度表示）の関係

LCL 16 dB		終端条件	等価電界強度 (dB μ V/m)		LCL 32 dB		終端条件	等価電界強度 (dB μ V/m)	
2 wire	Case 0		2-14 MHz	15-30MHz	2 wire	Case A		2-14 MHz	15-30MHz
3 wire	Case 1	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3= ∞	40.0	36.7	3 wire	Case B	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3= ∞	26.8	32.3
	Case 2	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3=0	41.8	37.4		Case C	Z23= ∞ Z31= ∞ Z3=0	37.7	33.6
	Case 3	Z23=33.7 Z31=66.3 Z3=0	36.7	31.0		Case D	Z23=47.5 Z31=52.5 Z3=0	30.6	26.5
	Case 4	Z23=66.3 Z31=33.7 Z3=0	34.1	29.4		Case E	Z23=52.5 Z31=47.5 Z3=0	29.9	26.4
	Case 0		39.9	35.2		Case A		24.6	23.9
等価電界強度: Case2-AV(CaseD & E)								11.6	11.0

また、同相電流と磁界強度（等価電界強度表示）の関係を散布図として示したものが図 5.12 である。

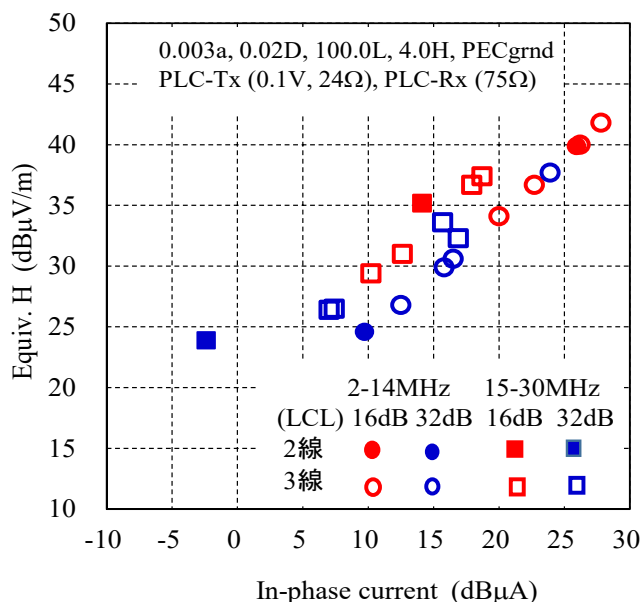


図 5.12 同相電流と磁界強度（等価電界強度表示）の関係を示す散布図

以上の結果をまとめると、

- (1) PLC 設備接続 2 線の終端が極めて不平衡な場合（例えば LCL=16 dB）、第 3 線と PLC 設備接続 2 線の終端結合が弱ければ、第 3 線の影響は顕著でない。ただし、第 3 線と PLC 設備接続 2 線との終端結合が強いと、平衡度が改善されて磁界強度が低下する。
- (2) PLC 設備接続 2 線の終端の平衡状態が良ければ（例えば LCL=32 dB）、第 3 線を付加することによって、平衡度が劣化し磁界強度が高くなる場合がある。
- (3) これらの結果から、極めて不平衡な負荷条件（LCL=16 dB）を想定して決定した単相 2 線の屋内・屋外用 PLC 設備の許容値は、三相電力線にも適用できると考えられる。

5.4 工場等の屋内三相電力線からの磁界強度に関する検討

単相二線の電力線については既に PLC 設備が市販されているので、市販の屋内用 PLC 設備を三相電力線に接続した場合の磁界強度について、電磁界解析と測定調査を行った。

5.4.1 モーメント法を用いた電磁界解析による検討

建造物内の 1 階、2 階の配線を考慮し、金属大地面からの高さ $H=4\text{ m}$ 及び 8 m について電磁界解析した。CV ケーブルを想定し、直径 3 mm の裸線 3 線を間隔 5 mm で、全長 $L=100\text{ m}$ あるいは 30 m に伸ばして水平に配置した。また、屋内用 PLC 設備の送信・受信装置を位置 Tx 及び Rx に接続した。磁界強度の計算は離隔距離 10 m 、高さ 1.3 m で行った。図 5.13 はこれを示す解析モデルである。以下の磁界強度は既述した等価電界強度で表示されている。

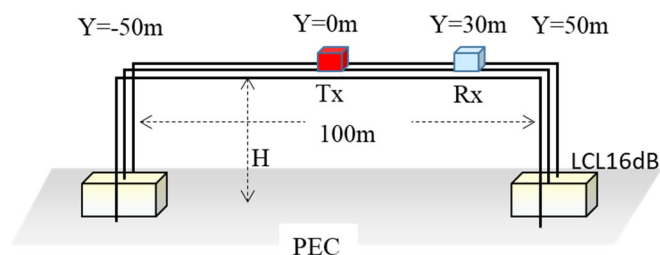
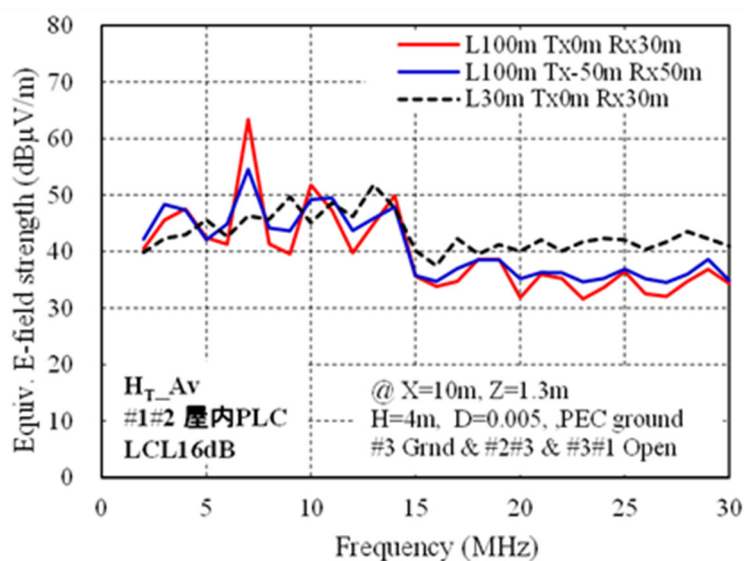
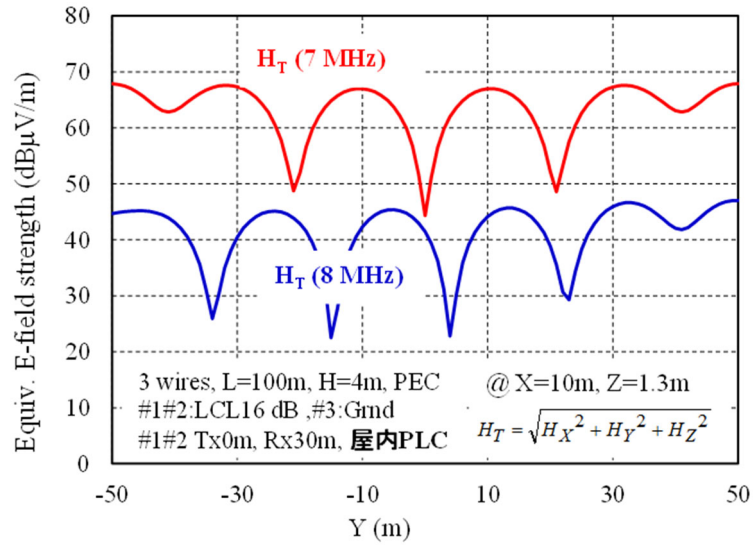


図 5.13 屋内三相電力線の電磁界解析モデル（金属大地面）

(1) 建物内の 1 階を想定した高さ $H=4\text{ m}$ の場合



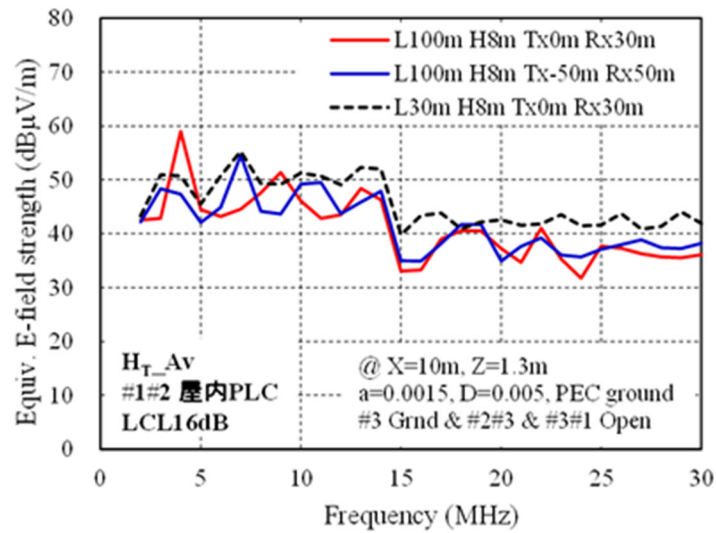
(a) PLC 設備の送受信機位置を変化したときの平均磁界強度の周波数特性



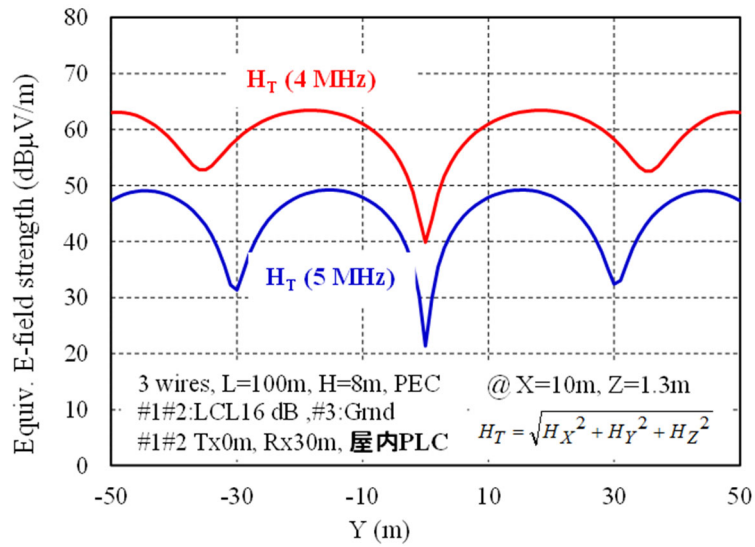
(b) 磁界強度の線路方向位置による変化

図 5.14 高さ 4 m の屋内三相線からの磁界強度（等価電界強度表示）の計算例

(2) 建物内の 2 階を想定した高さ H=8 m の場合



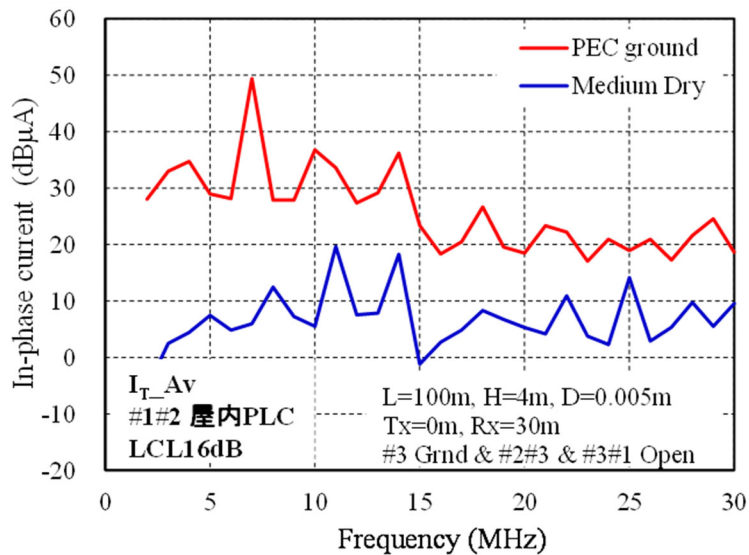
(a) PLC 設備の送受信機の位置を変化したときの平均磁界強度の周波数特性



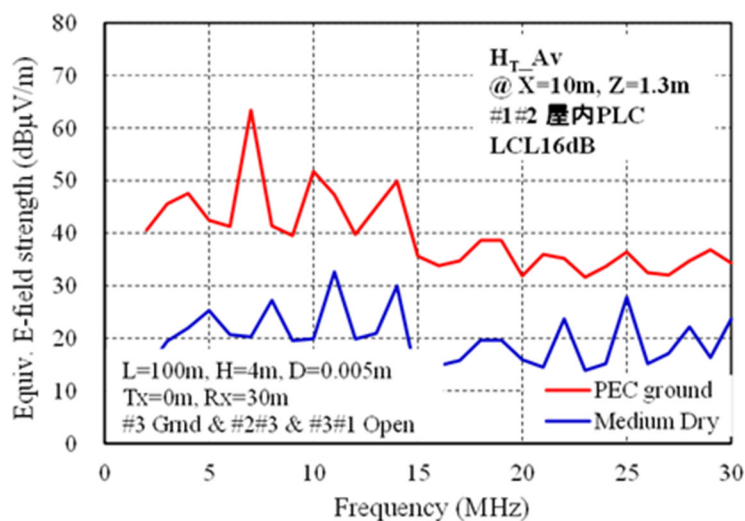
(b)磁界強度の線路方向位置による変化

図 5.15 高さ 8 m の屋内三相線からの磁界強度（等価電界強度表示）の計算例

上記のモデルは金属大地面であり、このような金属大地面は現実的ではないことから、一般土壌大地としたときの計算を行った。結果を以下に示す。



(a)同相電流平均値の周波数特性



(b)磁界強度平均値の周波数特性

図 5.16 高さ 4m の三相線に屋内用 PLC 設備を設置した場合の同相電流と磁界強度（等価電界強度表示）：金属大地（PEC ground）と一般土壤大地(Medium Dry)の比較

図 5.16(a)から、線路の全長が 108 m であるため半波長に相当する約 1.4 MHz を基本に、その奇数倍で共振し、同相電流が大きくなっていることが判る。また、一般土壤では金属大地面に比べて同相電流は 10 dB 以上低下することが判る。図 5.16(b)は、離隔距離 10 m における磁界強度（等価電界強度表示）の線路に沿った平均値の周波数特性を示しており、一般土壤では金属大地面に比べて、磁界強度が 20 dB 程度低下することが判った。

以上の解析結果をまとめたものを次表に示す。

表 5.3 屋内用 PLC 設備を設置した屋内三相電力線モデルの電磁界解析結果
(まとめ)

金属大地面			同相電流_AV (dB μ A)		磁界_AV (dB μ V/m)		放射電力_AV (dBW)	
長さ (m)	高さ (m)	Tx-Rx (m)	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz
100	4	30	32.4	20.8	45.8	34.8	-72.1	-75.0
100	4	100	32.4	21.7	47.7	36.1	-67.9	-74.7
30	4	30	31.2	22.1	45.7	41.1	-74.3	-75.5

金属大地面			同相電流_AV (dB μ A)		磁界_AV (dB μ V/m)		放射電力_AV (dBW)	
長さ (m)	高さ (m)	Tx-Rx (m)	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz
100	8	30	30.7	20.2	46.4	36.6	-68.9	-74.0
100	8	100	33.5	21.7	46.4	37.6	-71.8	-72.9
30	8	30	32.2	22.6	50.0	42.2	-68.0	-72.8

一般土壌			同相電流_AV (dB μ A)		磁界_AV (dB μ V/m)		放射電力_AV (dBW)	
長さ (m)	高さ (m)	Tx-Rx (m)	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz
100	4	30	7.6	5.9	22.5	17.9	-87.1	-88.7

なお、上表では磁界強度を等価電界強度で表示し、放射電力は帯域幅 10kHz の値である。

以上の電磁界解析から以下のことが分かった。

- (1) 屋内用 PLC 設備を設置した三相電力線では、同相電流の回路長が半波長の整数倍になる周波数で磁界強度の上昇が見られる。しかし、後述のように実際の工場などの測定では鋭い共振はあまり観測されなかった。
- (2) 線路の両端が極めて不平衡な場合 (LCL=16 dB) を電磁界解析したが、実際の磁界強度は解析結果より以下の理由により 20 dB 程度低いと考えられる。
 - (a) LCL 16 dB と LCL 平均値 32 dB の違いにより 10 dB 程度
 - (b) 建造物の遮蔽効果により 10 dB 程度
 - (c) その他、電力線の多数の負荷や分岐線の影響
- (3) なお、一般土壌上に架設された三相電力線の磁界強度は、金属大地面上に比べて更に 20 dB 程度低下する。

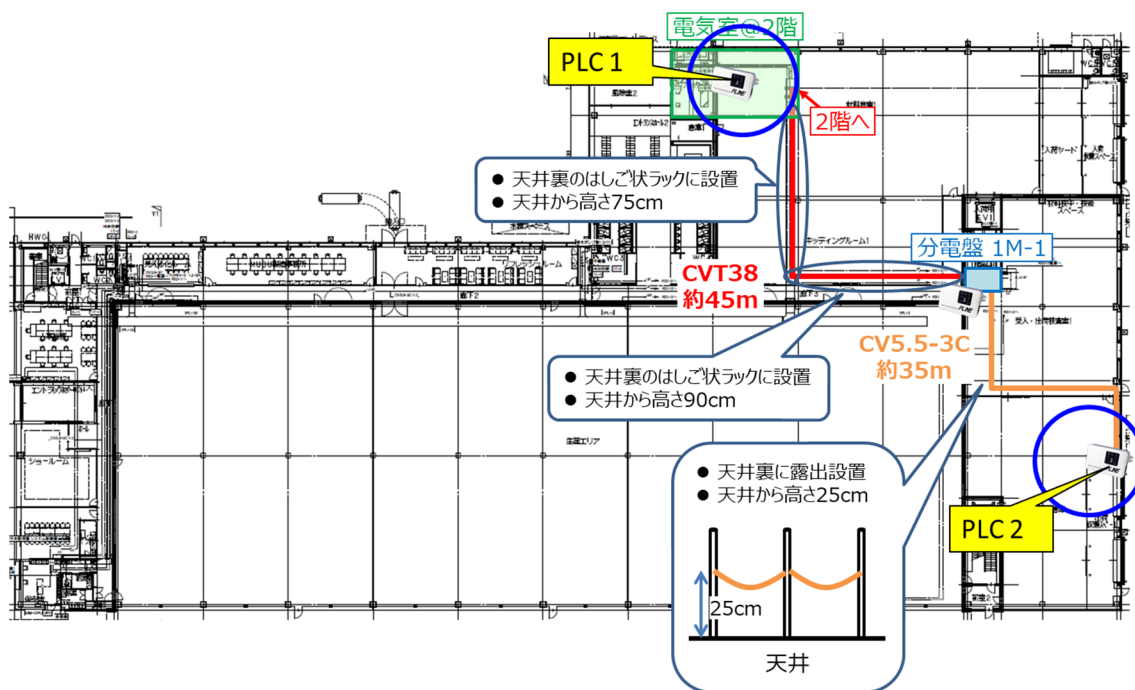
結論として、現在許可されている屋内用 PLC 設備を三相電力線に設置しても、磁界強度は周囲雑音強度の代表値と同等か、それ以下であることが予想される。なお、周囲雑音の代表値は、平成 18 年情報通信審議会答申を参考にして 28 dB μ V/m@2-14MHz, 18 dB μ V/m@15-30MHz とした。

5.4.2 測定調査

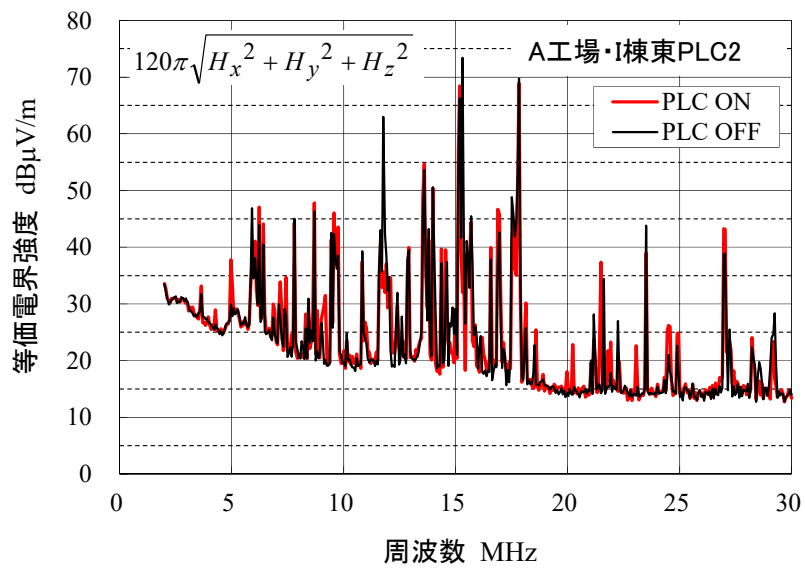
工場等内における三相電力線で PLC 設備を使用したときの磁界強度（等価電界強度表示）を測定した。測定を行ったのは6工場等で、測定点は35地点である。これらの測定結果のうち、PLC 設備動作時の磁界強度が高いと思われる測定地点で、PLC 設備の動作時と非動作時（ON/OFF 時）の離隔距離 10 m での磁界強度、ON/OFF 時の磁界強度の散布図と累積分布の比較例を以下に示す。

(1) A 工場での測定例

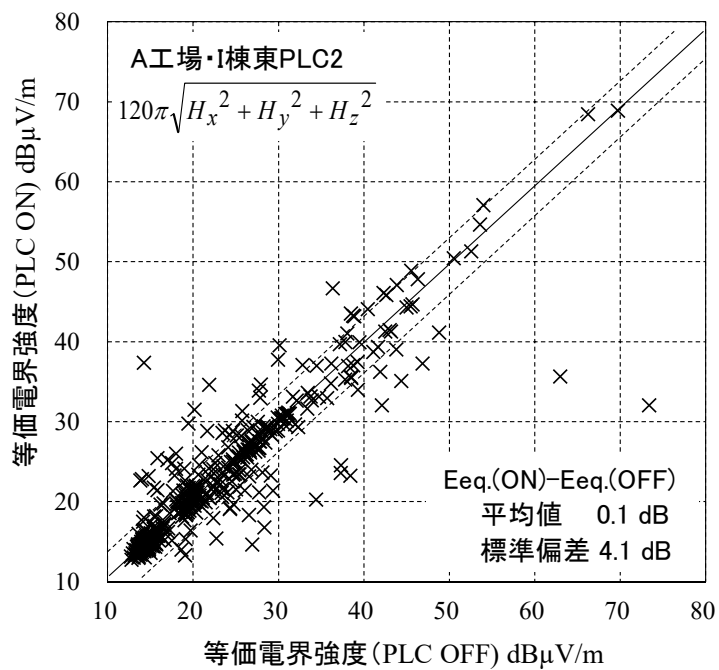
この測定例での複雑な配線構造を図 17(a)に示す。同図(b)は PLC 設備が ON/OFF 時での等価電界強度で表現した磁界強度の周波数特性である。同図(c)は ON/OFF 時での等価電界強度で比較した散布図、同図(d)は累積分布を示している。



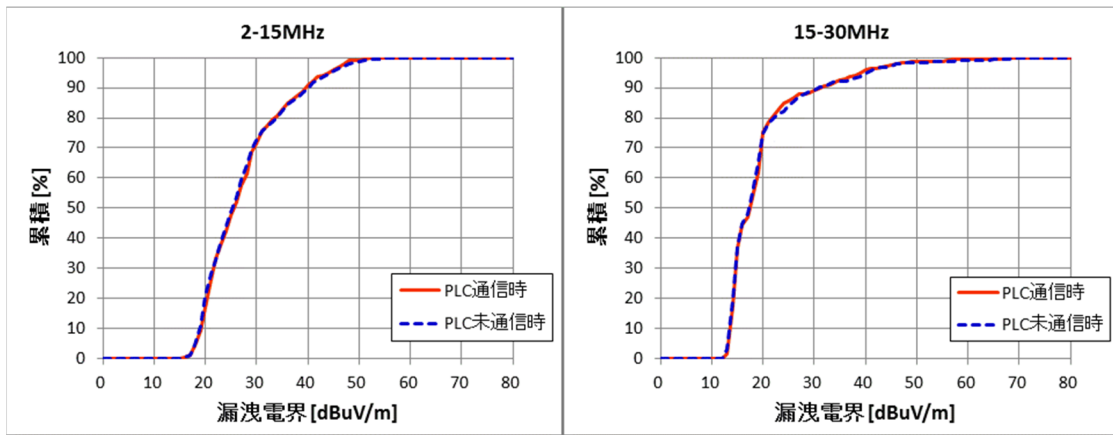
(a) PLC 設備と電力線配置



(b) PLC 設備の ON/OFF 時に観測された磁界強度の周波数特性



(c) PLC 設備の ON/OFF 時の磁界強度の散布図

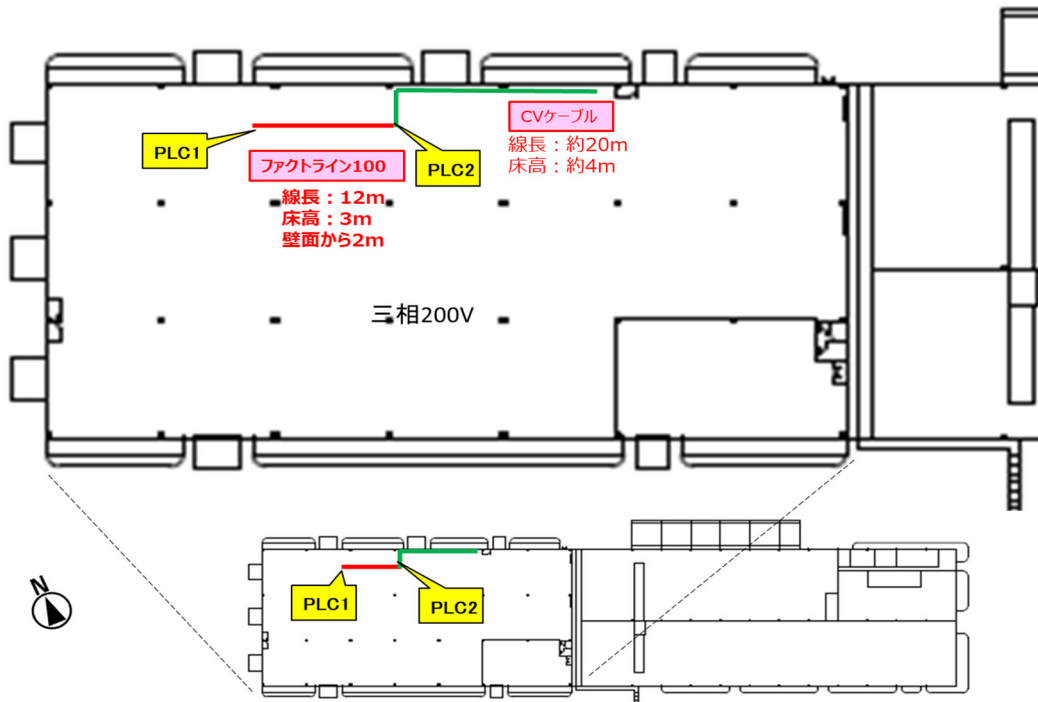


(d) 累積分布：左図 2~15MHz、右図 15~30MHz

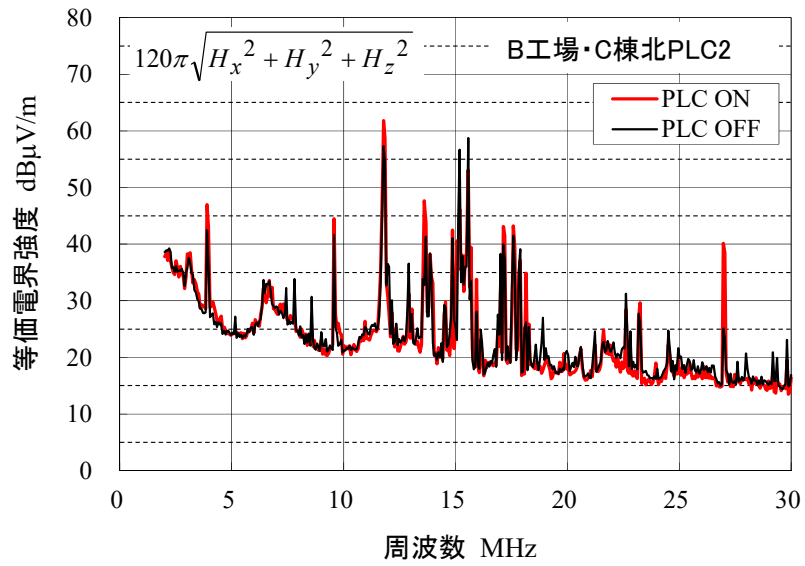
図 5.17 A 工場における建物壁面から離隔距離 10 m における磁界強度（等価電界強度表示）の測定例と散布図と累積分布

(2) B 工場での測定例

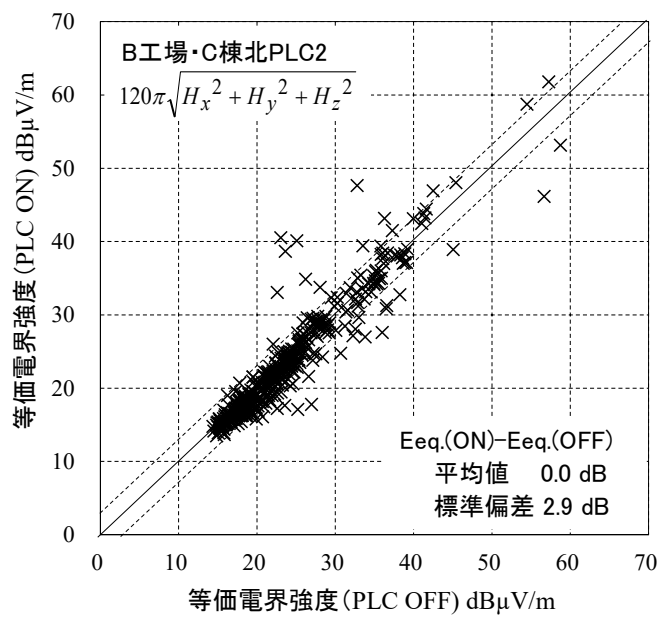
この対象工場では、電力線が CV ケーブルとファクトラインを使用している例である。



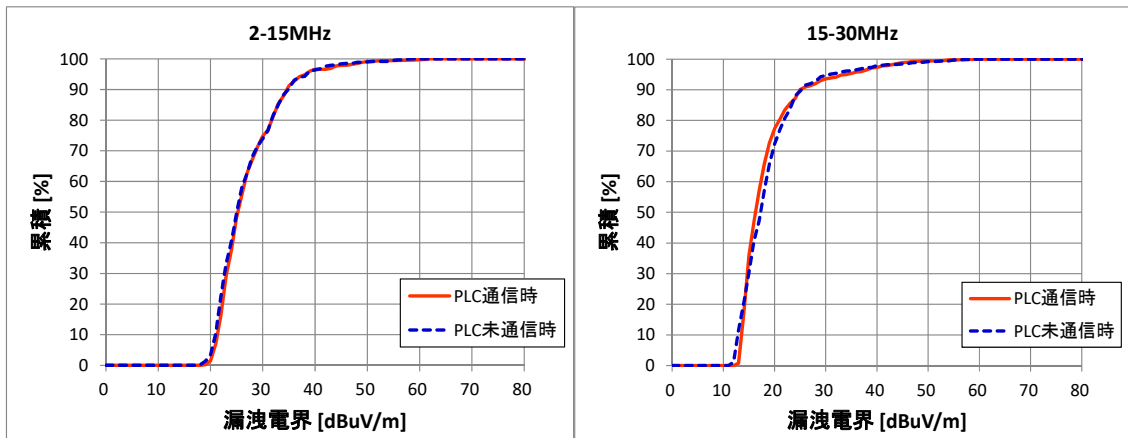
(a) PLC 設備と電力線配置



(b) PLC 設備の ON/OFF 時での磁界強度の周波数特性



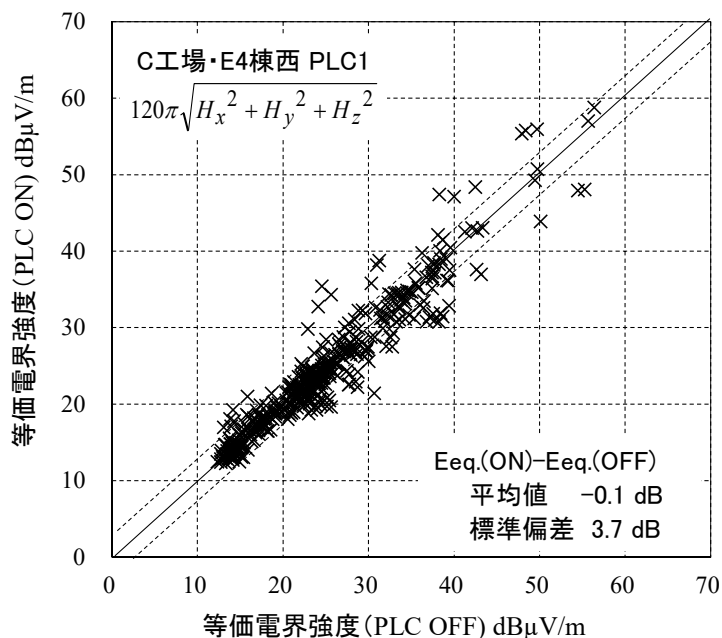
(c) PLC 設備の ON/OFF 時の磁界強度の散布図



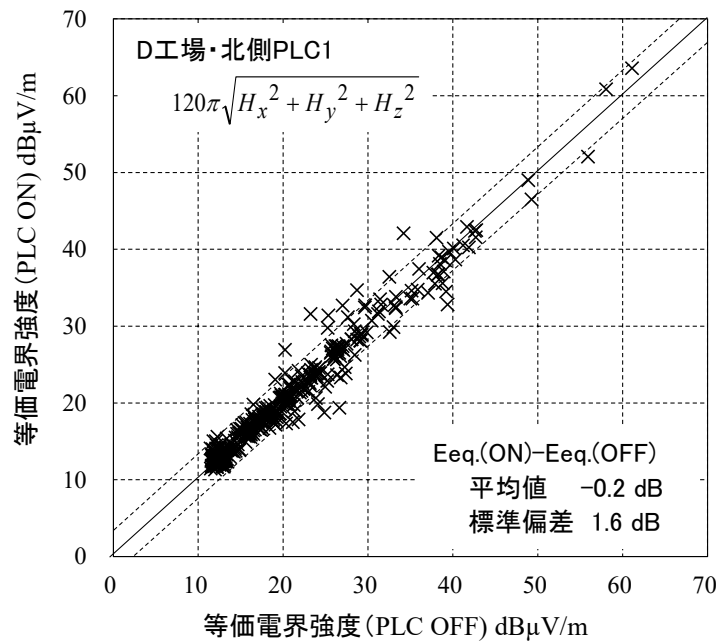
(d) 累積分布図：左図 2~15 MHz、右図 15~30 MHz

図 5.18 B 工場における建物壁面から離隔距離 10 m における磁界強度（等価電界強度表示）の測定例とその散布図と累積分布

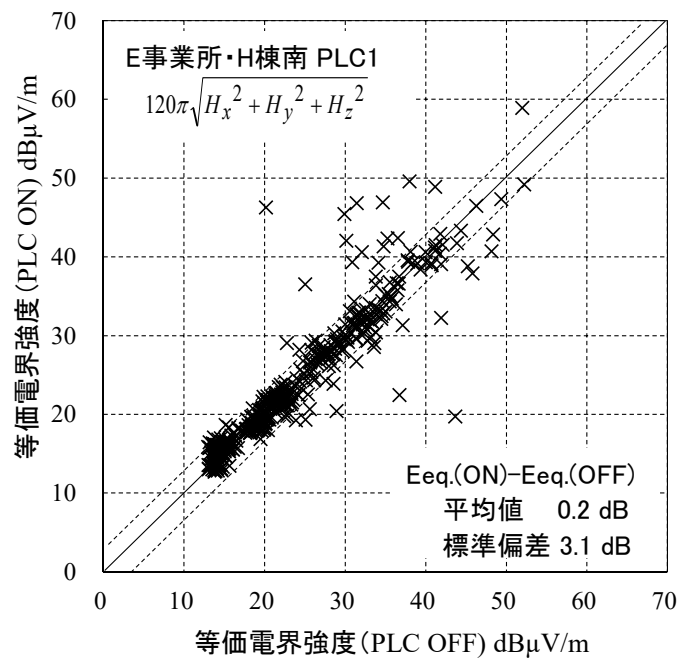
図 5.17 及び 5.18 の散布図に示したとおり、PLC 設備の ON/OFF による磁界強度（等価電界強度表示）の変化は、前者においては平均値 0.1 dB、標準偏差 4.1 dB、後者においては平均値 0.0 dB、標準偏差 2.9 dB であり、PLC 設備の動作による磁界強度の有意な上昇は認められなかった。また累積分布の結果も変化が小さいことを示している。さらに以下に、他の工場で測定された ON/OFF 時での結果を比較する散布図例を示す。



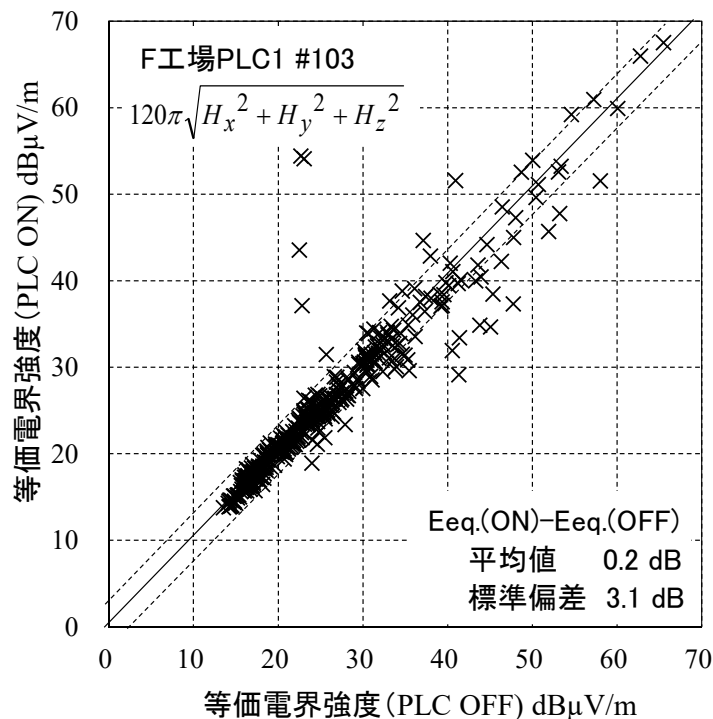
(a) C 工場での散布図



(b) D 工場での散布図



(c) E 事業所での散布図



(d) F 工場での散布図

図 5.19 他の工場で観測された PLC 設備の ON/OFF 時の磁界強度（等価電界強度表示）の散布図の例

測定対象とした 6 カ所の工場等の電力線ケーブルの構造や配線は大きく異なるが、PLC 設備の動作による建物周辺の磁界強度には有意な上昇は観測されなかった。具体的には、PLC 設備動作時と非動作時（ON/OFF 時）の磁界強度の変化は、平均値 0.2 dB 以下、標準偏差 3～4 dB であった。

以上の電磁界解析及び測定実施調査による結論として、現在許可されている単相電力線用の屋内用 PLC 設備を三相電力線に設置しても、磁界強度は周囲雑音強度の代表値と同等か、それ以下であることが予想される。

5.5 工場等の屋外三相電力線からの磁界強度に関する検討

工場等の屋内から屋外に伸びる三相電力線は線路長が長い場合や線路高が高い場合などがあり、その構造や形態も様々であることから、これらの電力線に PLC 設備を設置した場合には漏えいする電磁界が懸念された。これについて代表的な線路モデルを取り上げ、単相電力線用に市販されている屋外用 PLC 設

備を三相電力線に接続した場合の磁界強度（等価電界強度で表示）について、電磁界解析を行った。また実際の配線での測定調査も行った。

5.5.1 モーメント法を用いた電磁界解析による検討

(1) 橋形線路

建造物の屋内から屋外に引き出された三相電力線を考慮して、長さ $L=30\text{ m}$ 、高さ $H=4\text{ m}$ 及び $H=0.1\text{ m}$ の電力線の2線の両端に不平衡負荷（2線間負荷 $100\ \Omega$ 、 $LCL=16\text{ dB}$ ）を接続した場合について電磁界を解析した。電力線はCVケーブルを想定して、直径 3 mm の裸線3線を間隔 5 mm で水平に配置し、線路に接続したPLC設備は屋外用設備である。

なお、大地面は一般土壌（Medium-dry）、又は金属大地（PEC）とした。

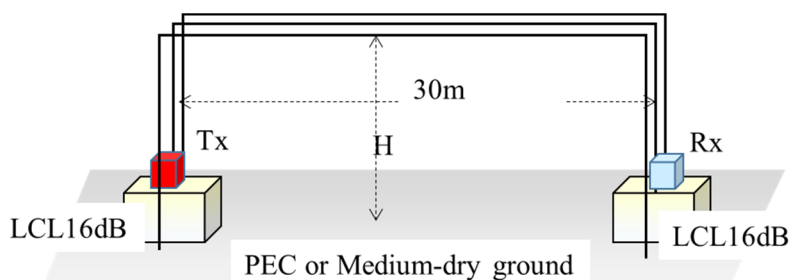
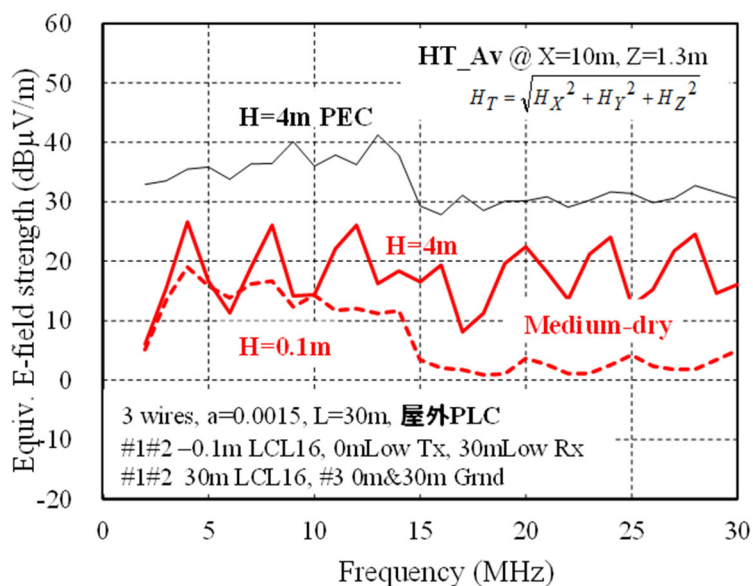
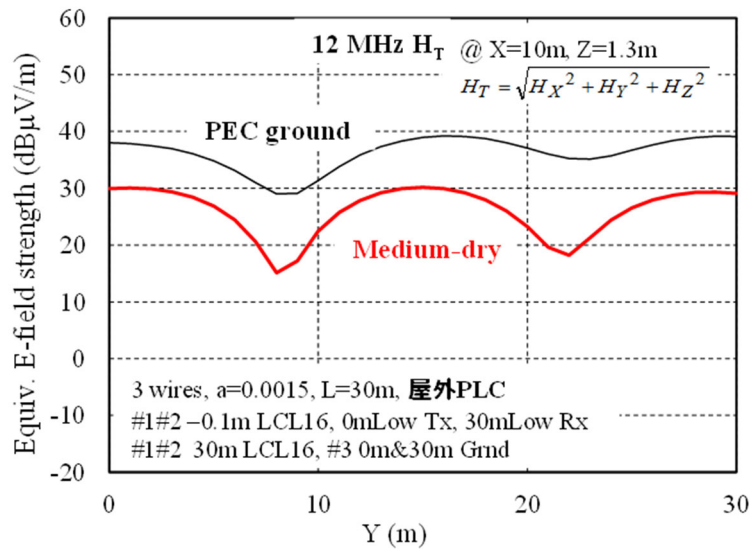


図 5.20 不平衡負荷を接続した橋形線路モデル



(a) 平均磁界強度の周波数特性



(b) 12MHz の磁界強度の線路に沿った位置変化

図 5.21 線路からの離隔距離 10m での磁界強度 (等価電界強度表示) の金属大地(PEC ground)と一般土壌(Medium-dry)での比較

図 5.21(a)において、15 MHz 以上の帯域における低下は PLC 設備の出力が 10 dB 低減しているためである。金属大地に比べて一般土壌では磁界強度が 10 dB 以上低下することが判る。また、線路高が低いと磁界強度も低下する。

(2) 水平線路 (防犯灯など) モデル

屋外用 PLC 設備付き防犯灯などを想定して、建造物の屋内 (LCL16 dB) から屋外に引き出された全長 $L=100\text{ m}$ で高さ $H=4\text{ m}$ に架設された三相電力線の遠端に防犯灯 (200 V/20 W) を接続した場合の PLC 設備に起因する磁界強度特性を電磁界解析した。

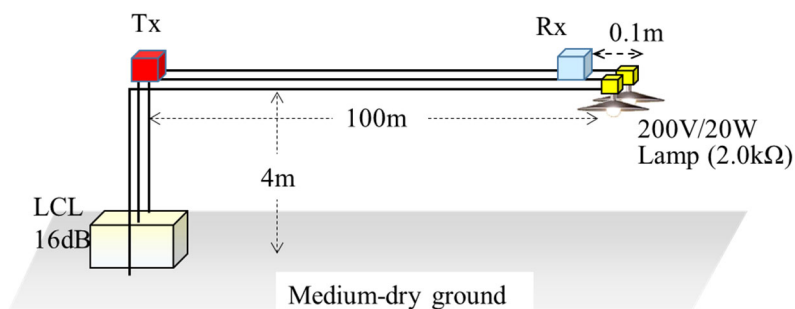
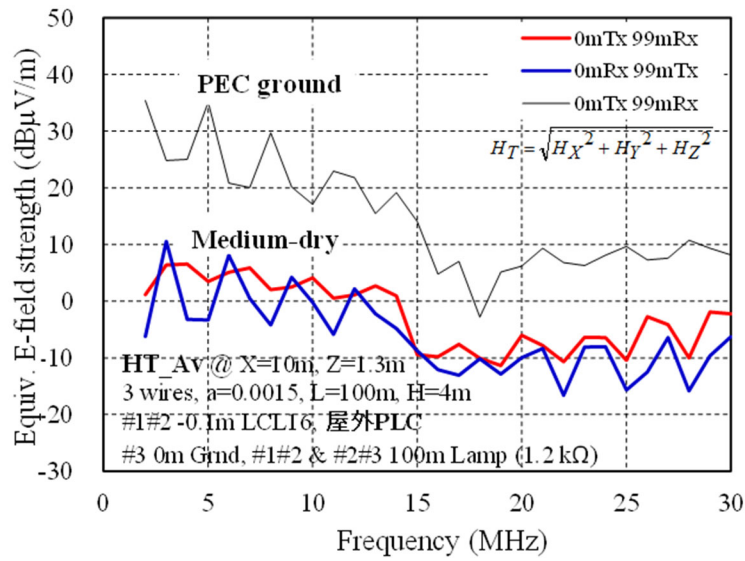
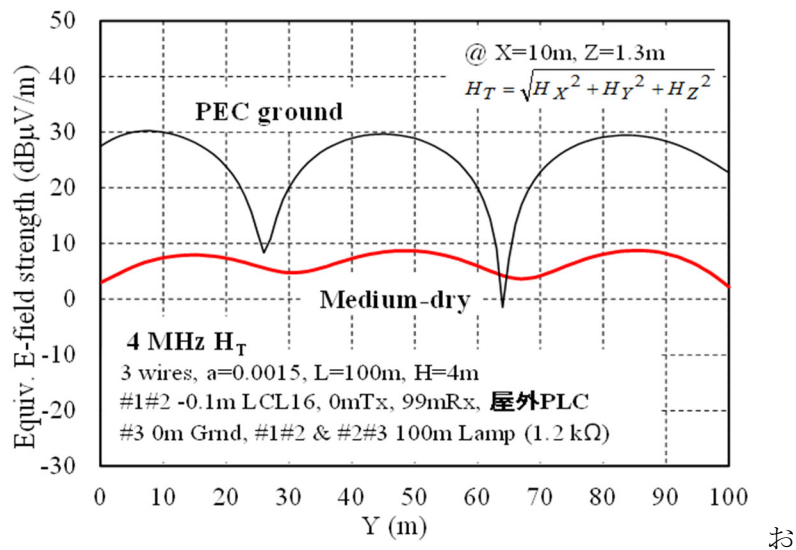


図 5.22 遠端に防犯灯を接続した逆 L 型線路モデル

(CV ケーブルを想定し、直径 3 mm の裸線 3 線を間隔 5 mm で水平に配置)



(a) 平均磁界強度の周波数特性



(b) 4MHz の磁界強度の線路に沿った変化

図 5.23 離隔距離 10 m での磁界強度 (等価電界強度表示)

図 5.23 の結果において、金属大地に比べて一般土壌では磁界強度は 10 dB 以上低下する。また、図 5.23(a)に示したように PLC 設備の送・受信機の位置を交換しても余り変化しないことが判る。

(3) 垂直線路（野外照明灯など）モデル

次の線路モデルは、垂直に配線された屋外用 PLC 設備付き屋外照明灯を念頭にしたものである。建造物の屋内（LCL16 dB）から屋外に引き出した高さ $H=6\text{ m}$ の三相電力線の終端に 100 W の照明灯を接続した場合である。このときの PLC 設備に起因する磁界強度特性をグラウンド面が金属大地の場合と一般土壌の場合を比較している。この計算例では、垂直配線は CV ケーブルを想定し、直径 3 mm の裸線 3 線を間隔 5 mm で平行に配置している。

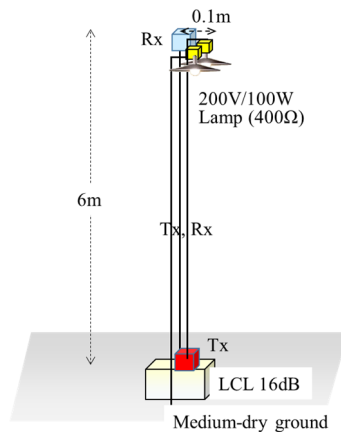
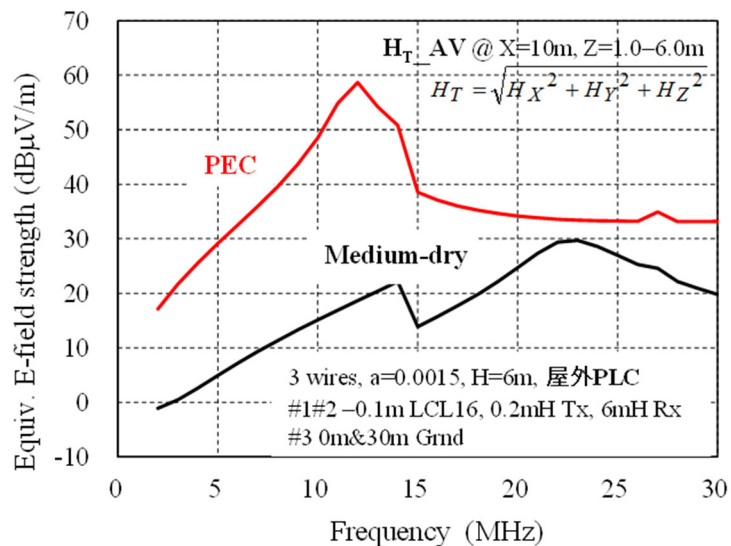
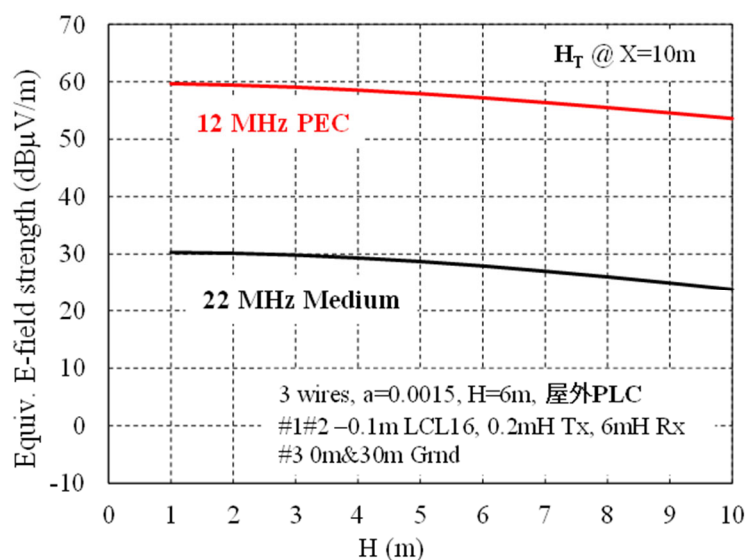


図 5.24 照明灯(100 W)を装着した垂直線路モデル：



(a) 距離 10m における磁界強度の高さ分布の平均値の周波数特性



(b) 共振周波数での磁界強度の高さ特性

図 5.25 離隔距離 10m における磁界強度（等価電界強度）：
金属大地(PEC)と一般土壌(Medium)との比較

これらの結果から、金属大地面上では、線路長が波長の 1/4 になる周波数(12.5 MHz)で共振して磁界強度が強くなるが、

- (a) 屋外に広い金属大地面を設置することは殆ど無いこと
- (b) 電力線が極端に不均衡(LCL16dB)になることは希なこと
- (c) 地上高が高い自立型照明灯の電力線は金属支柱に内蔵され、遮蔽される場合が多いこと
- (d) このような照明灯は既に単相線に用いられているが、これまで障害発生源と認められた事例は無いこと

などを考慮すると、磁界強度は周囲雑音の代表値（平成 18 年情報通信審議会答申）と同程度か以下と考えられる。

(4) 水平・垂直線路（スタジアムなど）

大型スタジアムのスタンドの PLC 設備付き照明灯を想定した線路モデルである。建造物の屋内（LCL16 dB）から屋外に引き出した線路長が長く、配線高も高い逆 L 型配線（高さ $H=40\text{ m}$ 、長さ $L=40\text{ m}$ ）の電力線の終端に 1000 W の照明灯を接続した場合の PLC 設備に起因する磁界強度の解析結果が次である。なお、線路に接続した PLC 設備は屋外用設備である。

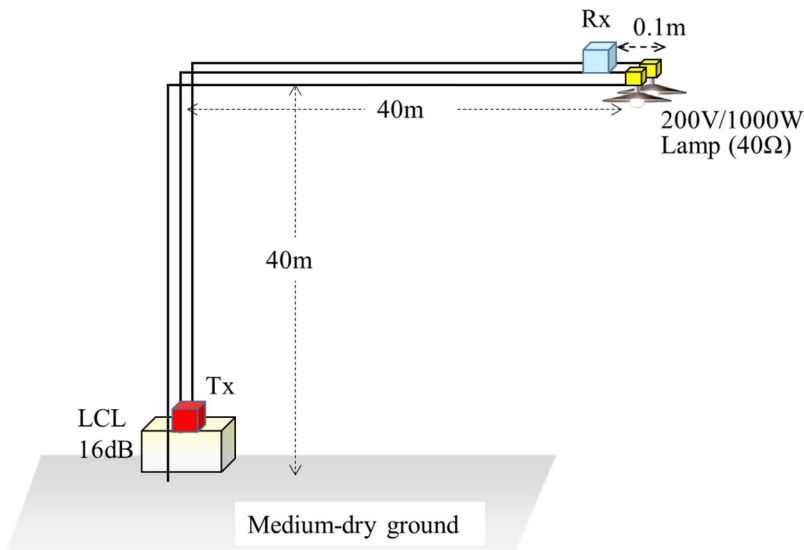
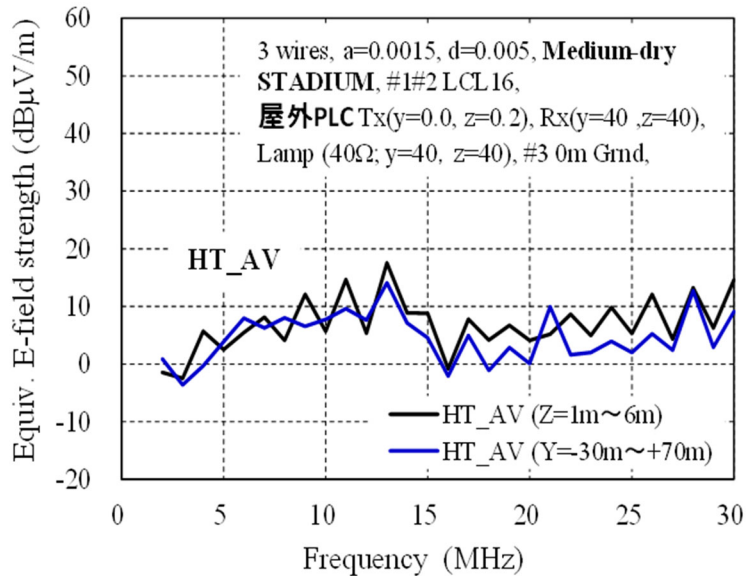
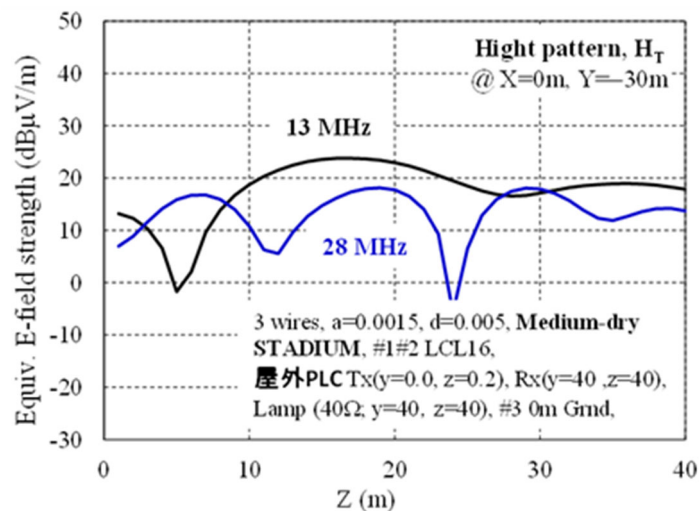


図 5.26 先端に 1000 W の照明灯を接続した逆 L 型線路モデル：直径 3 mm の裸線 3 線を間隔 5 mm で平行に配置（CV ケーブル想定）



(a) 水平・垂直線路に沿った平均磁界強度の周波数特性



(b) 共振周波数近傍の磁界強度高さ分布

図 5.27 離隔距離 30 m での磁界強度（等価電界強度）の特性

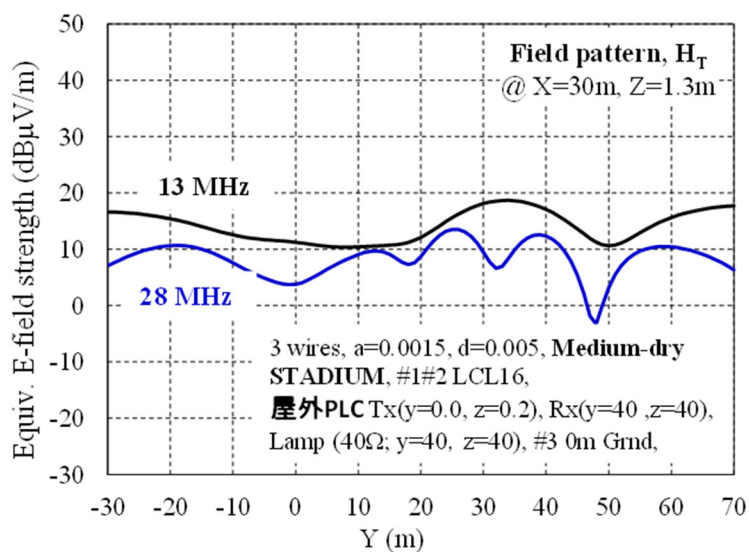


図 5.28 線路からの水平離隔距離 30 m、地上高 1.3 m の磁界強度（等価電界強度表示）の線路方向分布

上記の解析結果から、スタジアム等で屋外用 PLC 設備を使用しても、磁界強度は周囲雑音の代表値（平成 18 年情報通信審議会答申）と同程度か、それ以下であると考えられる。

5.5.1 節における結果をまとめると、次表のようになる。

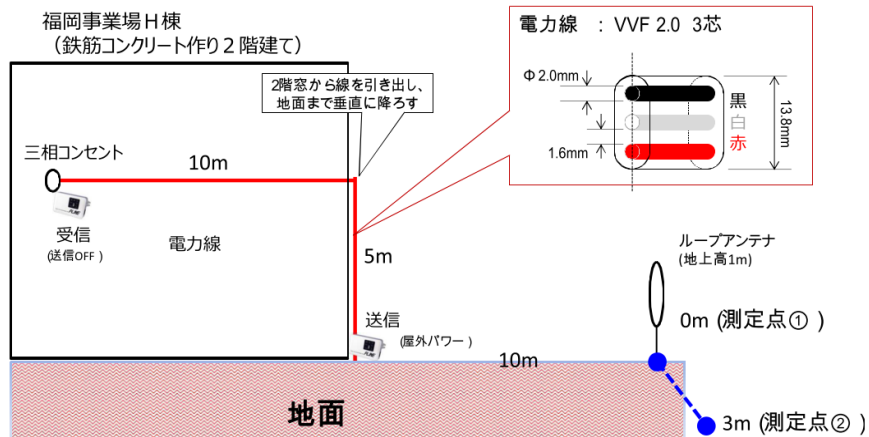
表 5.4 屋外用 PLC 設備を設置した屋外三相電力線モデルの電磁界解析結果
(まとめ)

屋外PLC (金属大地)			磁界強度_AV (dB μ V/m)		放射電力_AV (dBW)	
	長さ (m)	高さ (m)	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz
橋形	30	4	36.4	30.3	-84.3	-85.6
水平	100	4	30.1	7.4	-92.5	-99.3
垂直		6	39.4	34.1	-71.1	-87.8
屋外PLC (一般土壌)			磁界強度_AV (dB μ V/m)		放射電力_AV (dBW)	
	長さ (m)	高さ (m)	2-14MHz	15-30MHz	2-14MHz	15-30MHz
橋形	30	4	17.9	17.4	-96.9	-96.1
橋形	30	0.1	13.3	2.4	-94.0	-95.6
水平	100	4	4.4	-7.3	-101.3	-110.0
垂直		6	10.9	23.7	-99.0	-93.5
水平・垂直	40	40	9.4*	8.4*	-92.9	-96.3
			測定距離 10m 但し、*は30m			

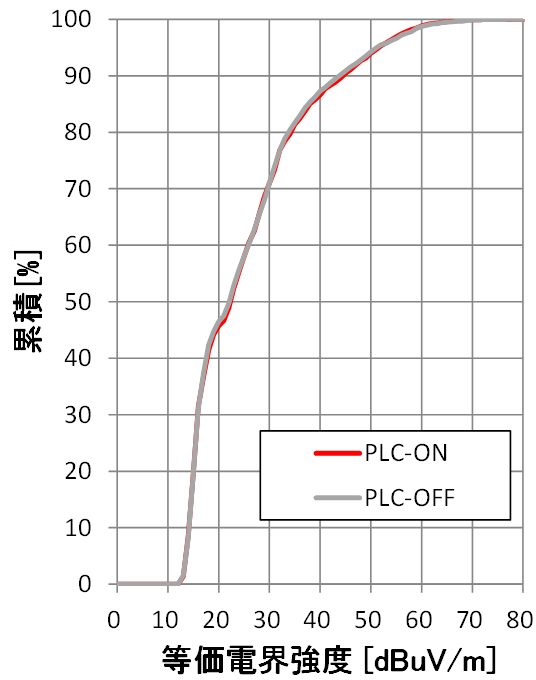
この結果から、一般土壌では三相電力線に屋外用 PLC 設備を使用しても、磁界強度は周囲雑音の代表値（平成 18 年情報通信審議会答申）と同程度か低いと考えられる。なお、金属大地面では磁界強度が高くなるが、屋外に広い金属大地面を設置することは殆ど無いこと、また単相二線の PLC 設備からの受信障害がこれまで確認されていないことを考慮すると、屋外用 PLC 設備の使用は問題無いと考えられる。

5.5.2 測定調査

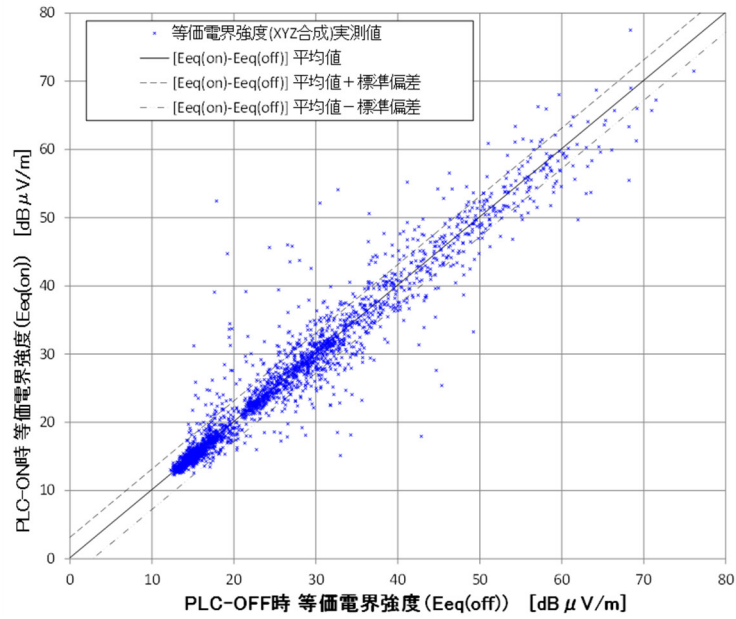
工場の建造物の屋内から屋外に引き出した屋外三相線に屋外用 PLC 設備を設置し、この結線や測定配置を変えて 12 種類の測定を行った。その測定例が以下である。ここでは、PLC 設備の ON/OFF 時での磁界強度（等価電界強度表示）を累積分布及び散布図として表現したものを例示する。



(a) 屋内外間の配線例 (その1)

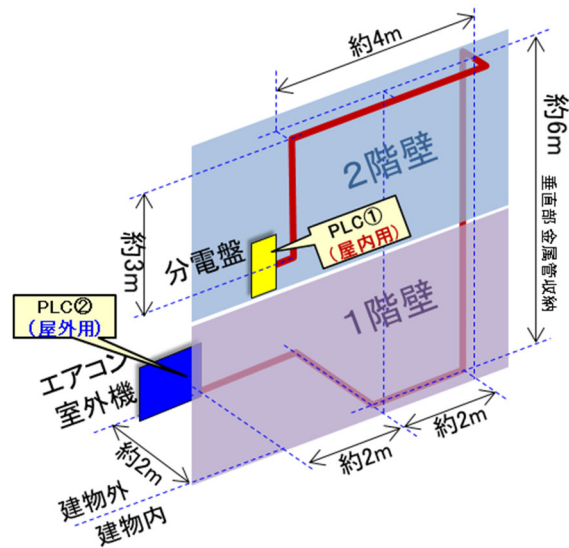


(b) PLC 設備の ON/OFF 時における累積分布

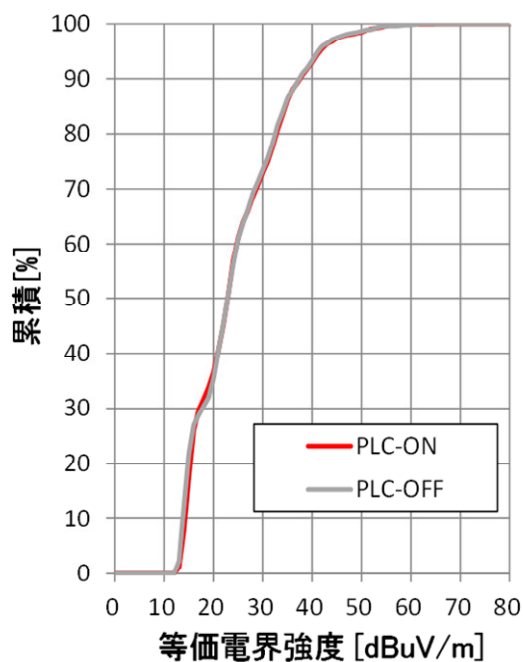


(c) PLC 設備 ON/OFF 時の磁界強度の散布図
 図 5.29 PLC 設備と電力線の配置 (その 1) での
 磁界強度 (等価電界強度表示) の累積分布と散布図

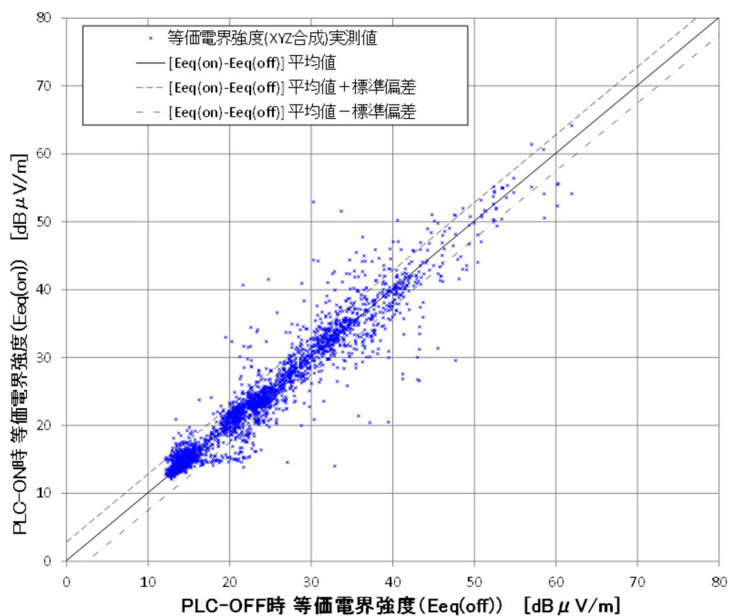
次の例は、より複雑な配線例である。



(a) 1階と2階を結ぶより複雑な配線 (その 2)



(b)PLC 設備 ON/OFF 時の磁界強度の累積分布



(c)PLC 設備 ON/OFF 時の磁界強度の散布図

図 5.30 PLC 設備と電力線の配置 (その 2) での ON/OFF 時で比較する磁界強度 (等価電界強度表示) の累積分布と散布図

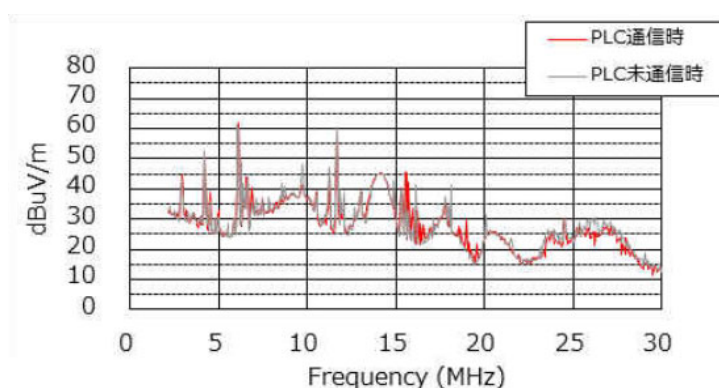
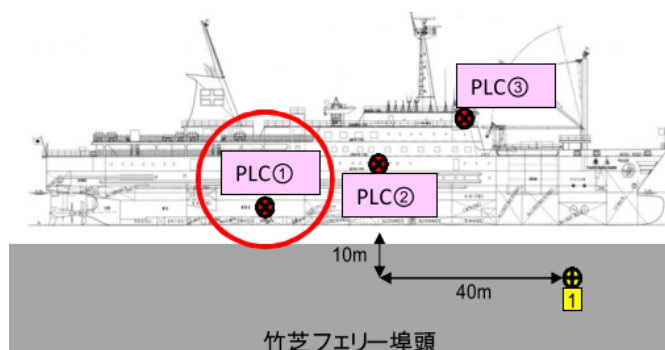
これらの測定結果から、PLC 設備の ON/OFF による磁界強度 (等価電界強度) の変化は、平均値 0.2dB 程度、標準偏差 3dB 以下であり、殆ど観測されなかった。

以上の電磁界解析及び測定調査から、現在許可されている単相電力線の屋外用 PLC 設備を三相電力線に設置しても、磁界強度（等価電界強度表示）は周囲雑音強度の代表値と同等か、それ以下であると考えられる。

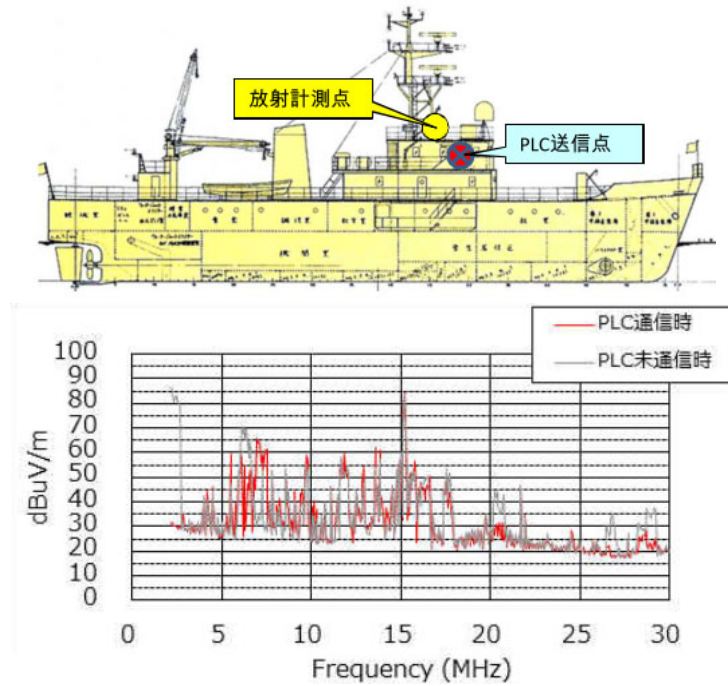
モーメント法による電磁界解析及び測定結果から、建造物の屋内から屋外に引き出した三相電力線に、現在許可されている屋外用 PLC 設備を接続・使用しても、一般に磁界強度は周囲雑音の代表値と同程度か、それ以下であると考えられる。なお、金属大地面では磁界強度が高くなるが、屋外に金属大地面を設置することは殆ど無いこと、また解析に使用した極端に平衡度の悪い負荷（LCL16dB）も少ないこと、また単相二線の PLC 設備からの受信障害がこれまで確認されていないことなどを考慮すると、建造物の屋内から屋外に引き出した三相電力線における屋外用 PLC 設備の使用は問題無いと考えられる。

5.6 鋼船における PLC 設備利用に関する検討

2 隻の鋼船の交流電力線及び直流電力線に屋内用 PLC 設備を設置して、その動作による磁界強度（等価電界強度表示）の変化を停泊中の接岸埠頭及び航海中の船中で測定した。その結果は、PLC 設備の動作によるレベル上昇は観測されなかった。その測定例を以下に示す。



(a) 停泊中



(b) 航海中

図 5.31 鋼船に設置された PLC 設備からの
磁界強度（等価電界強度表示）測定例

また、救難無線システムへの影響やその他の無線設備を含む船用設備への影響についても測定がなされ、その影響は観測されなかった。次図は救難通信用の周波数であるが、万全を期するためには PLC 設備へのこれらの周波数に対応したノッチフィルタの装着が望まれる。

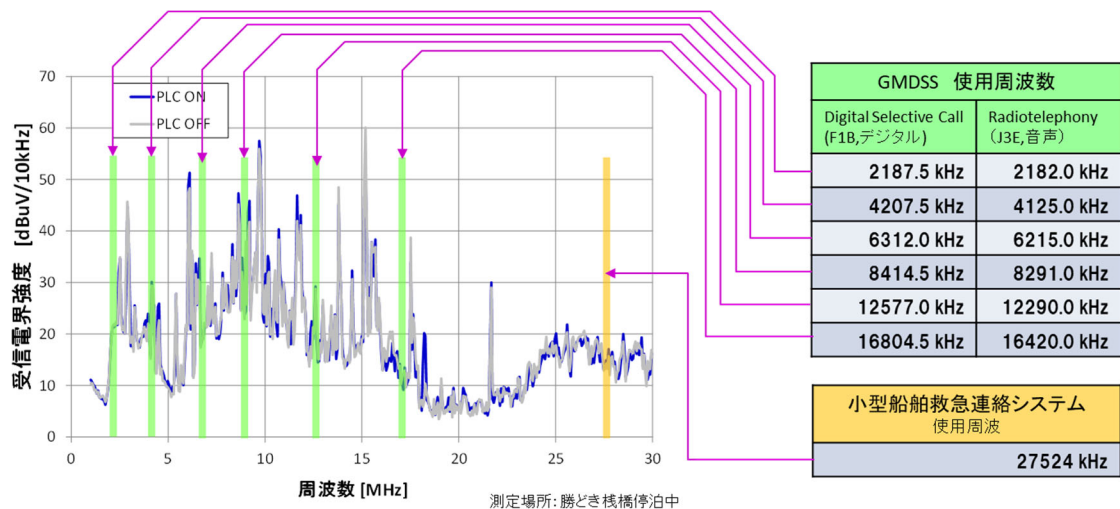


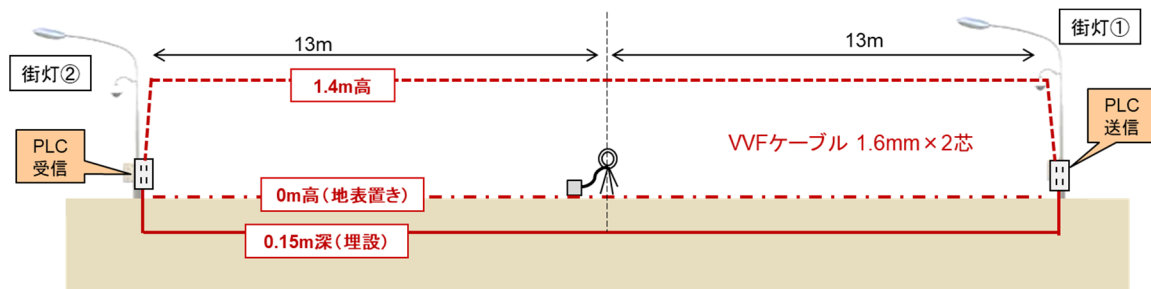
図 5.32 船用に使用される救難通信用周波数

したがって、鋼船での屋内用 PLC 設備の利用は可能と考えられる。

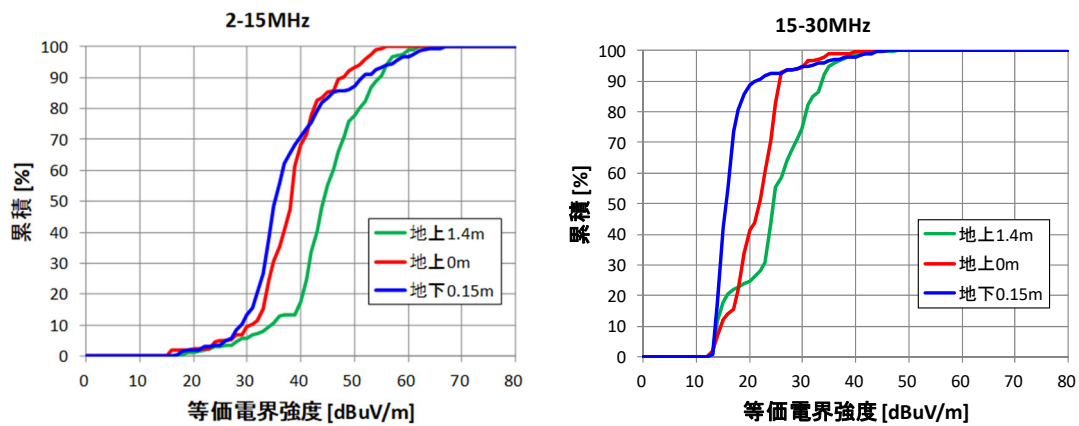
5.7 地中及び水中に配線された電力線の使用に関する検討

(1) 地下埋設線

地下 15 cm の位置に埋設した電力線からの磁界強度（等価電界強度表示）を、電力線を地上 1.4 m または地表に置いた場合の磁界強度と比較し、それらの累積分布を重ねたものが次図である。



(a) 測定に用いた地中に埋設した電力線配置

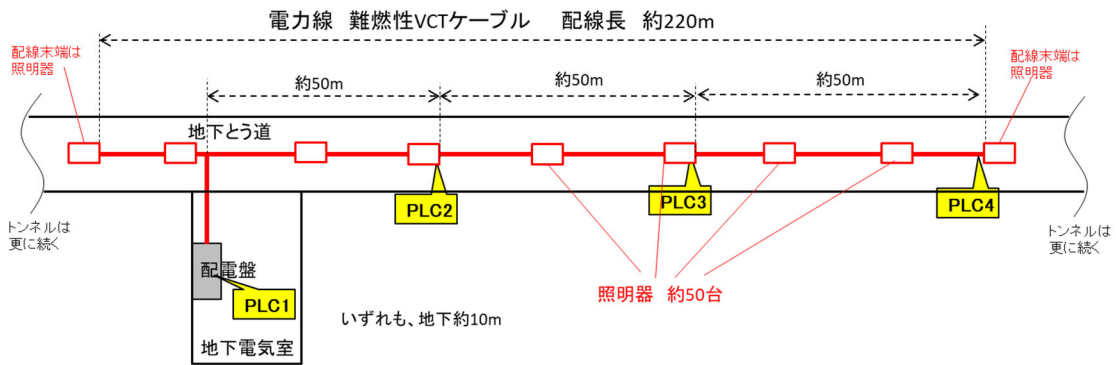


(b) 累積分布特性：左図は 2~15 MHz、右図 15~30 MHz

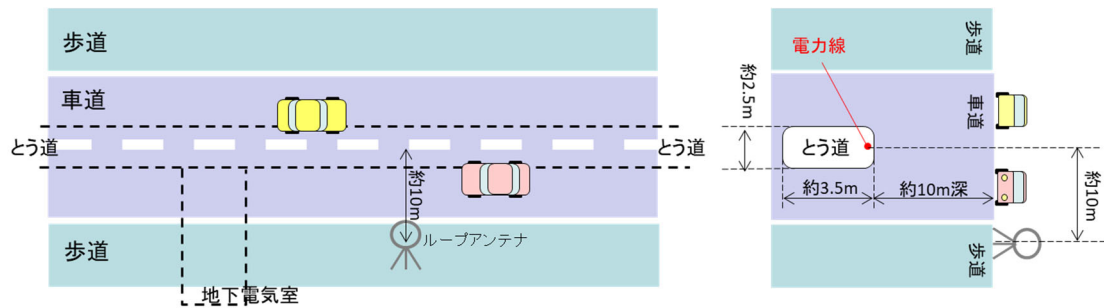
図 5.33 地中の電力線からの磁界強度（等価電界強度）の累積分布

(2) 地下とう道（洞道：service tunnel）内の照明用電力線

次図は、車道の地下にある「とう道」の天井に敷設された地表から 10 m 下の VCT ケーブルと PLC 設備の配置図である。



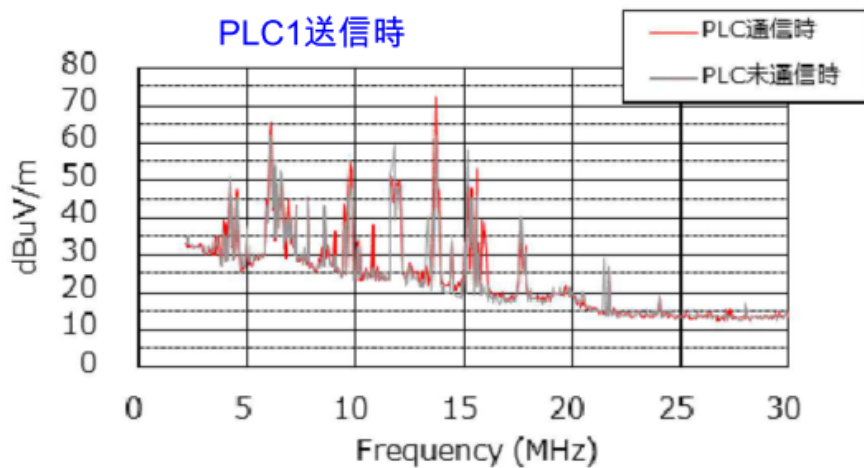
(a) 電力線配置図



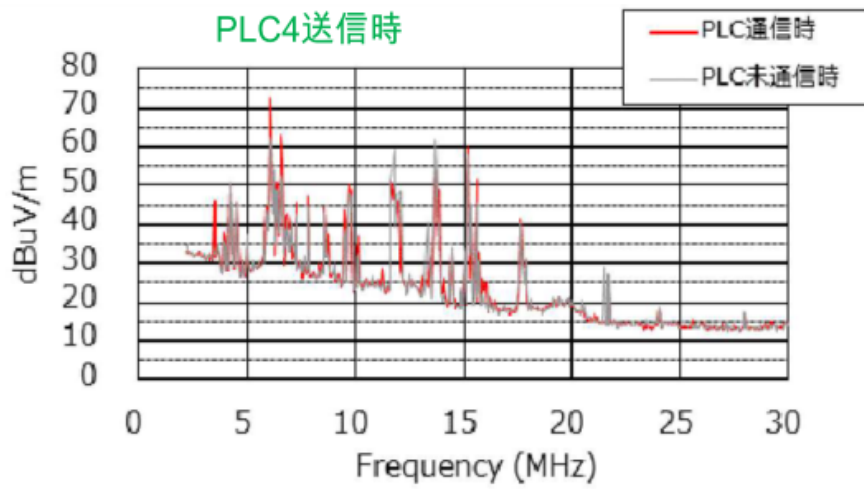
(b) 測定点と歩車道との関係図

図 5.34 地下とう道の電力線と地上の歩車道の位置

この地下とう道天井に敷設された電力線からの磁界強度（等価電界強度表示）の測定例は次である。

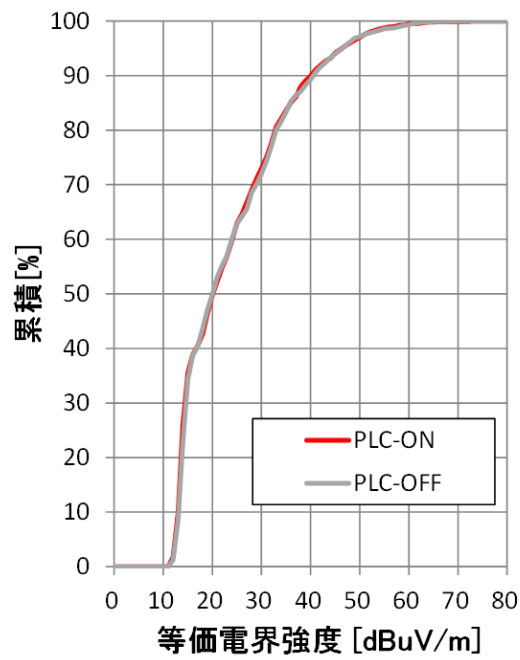


(a) PCL1 での送信時

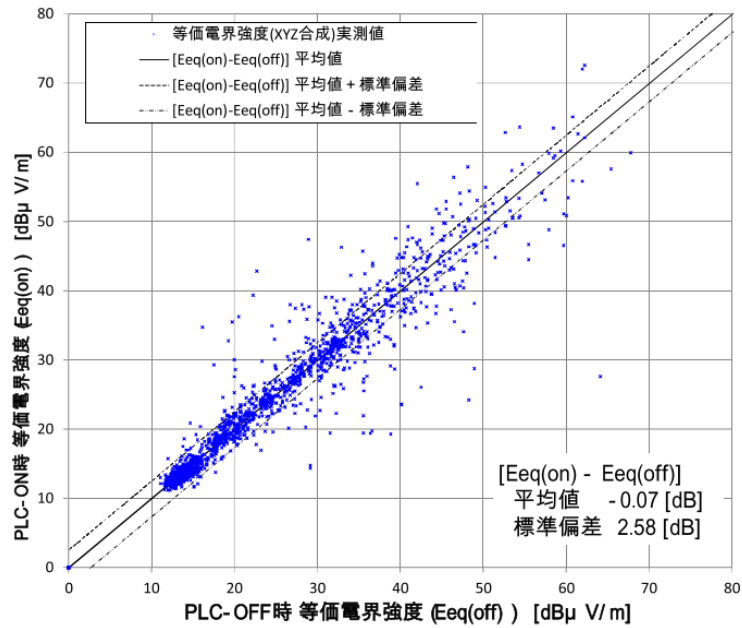


(b) PLC4 での送信時

図 5.35 地下とう道の電力線からの磁界強度（等価電界強度表示）の測定例



(a) 累積分布



(b) PLC 設備 ON/OFF 時の磁界強度の散布図

図 5.36 PLC 設備の ON/OFF 時の磁界強度（等価電界強度表示）の累積分布と散布図

(3) 水中線

この配線モデルとして 25 m プールを使用し、水中配線を模擬して測定した。

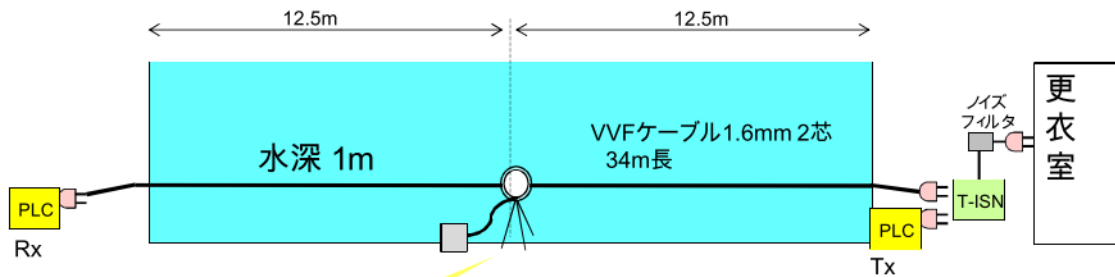
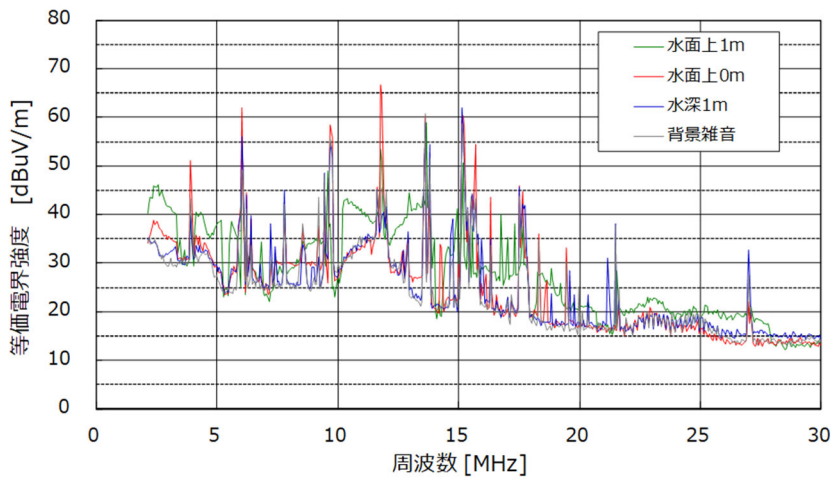
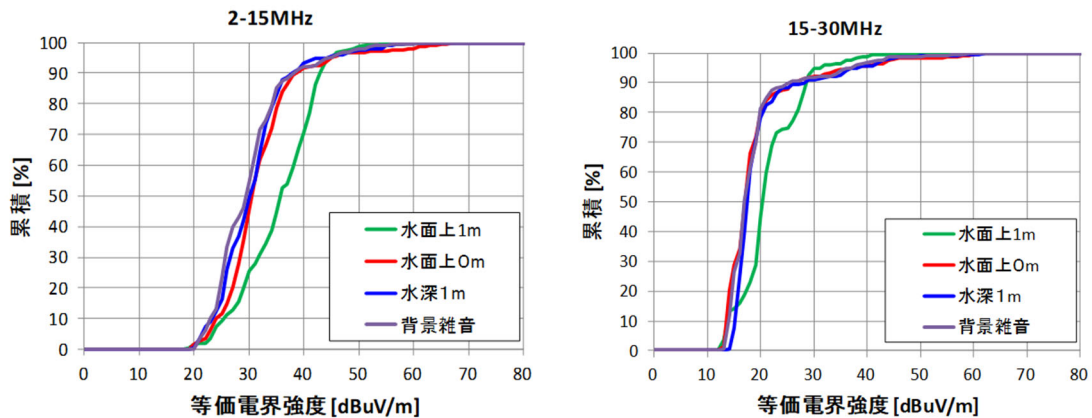


図 5.37 水中線からの線モデル

測定は、水深 1 m の位置に配置した電力線の外、水面上と水面から 1 m の高さに配線した電力線からの磁界強度（等価電界強度表示）を測定した。以下がその結果である。



(a) 水中の電力線からの磁界強度



(b) 累積分布：左図は 2~15MHz、右図 15~30MHz

図 5.38 水中の電力線からの磁界強度（等価電界強度表示）の測定例とその累積分布

以上の測定結果から、地中及び水中の電力線からの磁界強度は架空の電力線からの磁界強度よりレベルが低いので、これらの電力線を PLC 通信に使用することは可能と考えられる。

5.8 外壁コンセントに接続可能な PLC 設備に関する検討

現行規則では、屋外電力線に接続する PLC 設備の漏えい電磁界は建物による遮蔽効果が期待できないので、屋外用 PLC 設備の許容値を屋内用設備に比べて 10 dB 厳しく制限している。これに関連して PLC 業界から、屋内電力線と屋外電力線の境界にある建物外壁コンセントに屋内用 PLC 設備を接続でき

ることを明確にしてほしいとの要望が提示された。この要望に関して以下の意見が出された。

市販されている PLC 設備には、他の電力線に電力を中継するための接続端子を備えているものもあるため、屋外用 PLC 設備より許容値が 10dB 高い屋内用 PLC 設備を外壁コンセントで使用すると PLC 設備で発生した高レベルの PLC 信号が屋外電力線を伝搬する可能性がある。

また、PLC 妨害波は通信線にも漏えいしているため、外壁コンセントに屋内用 PLC 設備を接続すると、PLC 妨害波が通信線を介して屋外に漏えいするため、電波障害を引き起こす可能性が懸念されるとの意見も出された。

検討の結果、家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントに直接接続できる PLC 設備は、屋内用 PLC 設備でなく、一般の PLC 設備（通称、屋外用 PLC 設備）とすることになった。

5.9 上空が覆われていない大型建物の PLC 設備に関する検討

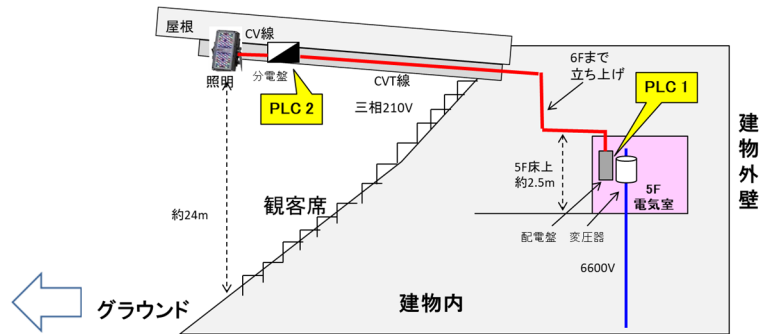
スタジアム等の上空が覆われていない大型建造物の屋内から屋外に引き出した逆 L 型電力線配線の終端に 1000 W の照明灯を接続した場合の電磁界解析結果は、既に 5.5.1(4)に記載した。以下では実際の測定例をあげる。

(1) スタジアムの測定例

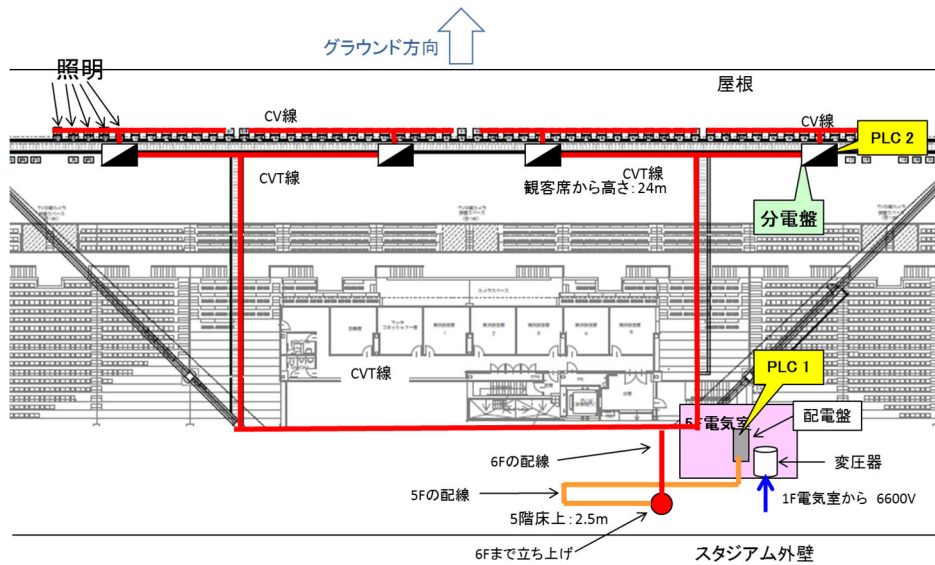
図 5.39 は測定を実施したスタジアムの構成である。(a)はスタジアムの概観写真であり、(b)および(c)は PLC 設備の配置状況を示している。



(a) スタジアムの外観



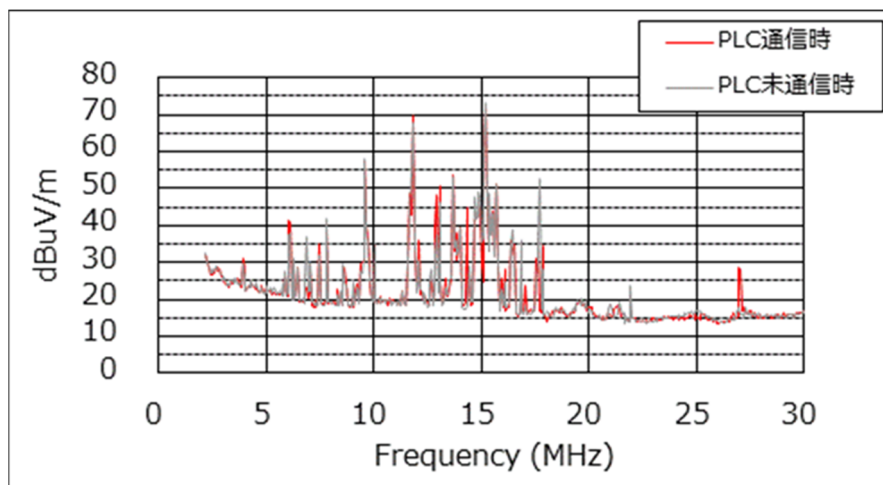
(b) スタジアム断面から見た PLC 設備の配置図



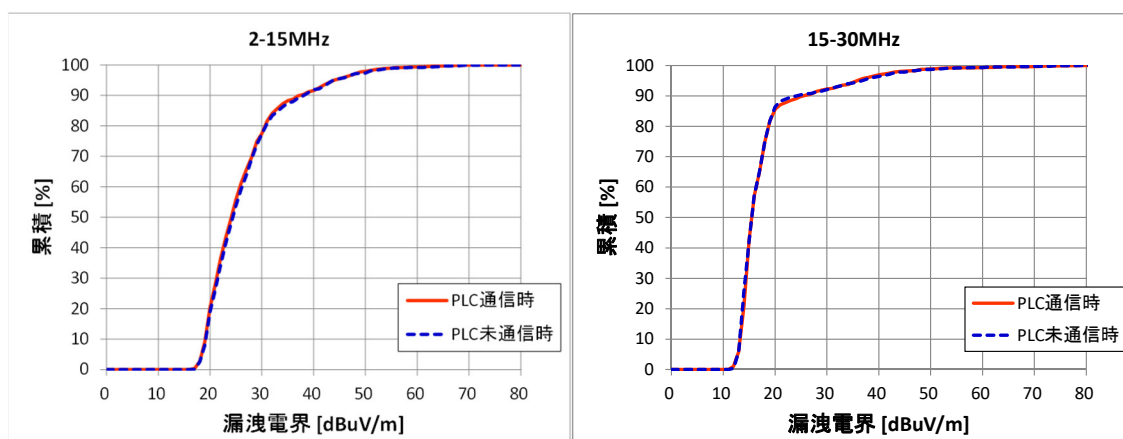
(c) スタジアム上面から見た PLC 設備の配置図

図 5.39 スタジアムの例

このスタジアムで実施した測定結果が以下である。



(a)磁界強度測定例



(b) 累積分布：左図 2~15 MHz、右図 15~30 MHz

図 5.40 離隔距離 30 m における磁界強度（等価電界強度表示）の測定例と累積分布

以上の測定結果は、スタジアムのグランド上方空間は遮蔽されないが、敷地が広大であり、周囲の建物からの離隔距離を 30 m 程度以上確保できることが予想されるため、屋内用 PLC 設備の使用は可能と考えられる。このことは、上記のスタジアム周辺における磁界強度の測定結果及び 5.5.1(4)の電磁界解析結果からも妥当であると考えられる。

5.10 中遠距離における電波伝搬の影響に関する検討

本件に関しては、既に平成 18 年情報通信審議会 CISPR 委員会で検討されており、その報告書「高速電力線搬送通信設備に関わる許容値及び測定法」に詳細に記されている。それを要約すると以下のとおりである。

PLC 設備からの漏えい波の電離層伝搬 (Sky-wave) による累積効果については、国内を 9 地域に分割して各地域の想定放射電力値を設定し、各地域の代表放射点からの電界強度分布を計算・合成して国内約 1,500 万システム (平均普及率 30%) からの電界強度分布を求めた。なお、PLC 設備の送信電力は -60dBm/Hz(RMS 値)、LCL を 30dB と想定して電力線に注入されるコモンモード電力を -80dBW/10 kHz と見なし、点波源からの放射と仮定して、ITU-R 勧告 P.533 「HF propagation prediction method」の伝搬モデルに基づき累積電界強度を算出した。また、地上波による累積効果について、直接波の伝搬による累積電界強度を算出した。

その結果、累積された電界強度は低く、ITU-R 勧告 P.372 に記載の Rural 地域の環境雑音以下となることが判った。また、地上波伝搬による累積効果の影響は、受信点数 km 内の PLC 設備設置数が重要な要素であり、近傍での設置数があまり多くないであろうと想定される電波天文施設では、その影響の軽減が期待できる。

6 PLC 設備の現行許容値及び測定法の修正と明確化

従来の許容値及び測定法は、主に PLC 設備単体を対象にして検討されたため、IoT 時代に著しく普及することが予想される PLC モジュール内蔵の様々な装置・設備にはあまり適していない。このため、許容値適用の明確化と測定法の見直し案が提案された。具体的には、

- (1) PLC 通信停止機能の具備
 - PLC 設備は筐体又は外部から PLC 通信機能のみを容易に作動及び停止できること。
- (2) 妨害波測定法の明確化
 - PLC 設備の妨害波測定は、PLC 通信状態と非通信状態でそれぞれ独立に行い、許容値を満足すること。
 - PLC 設備の伝導妨害波は、電源端子あるいは通信端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。複数の電源端子あるいは複数の通信端子を有する設備は、それぞれの端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。
- (3) 非通信状態における妨害波の許容値及び測定法の追加
 - PLC 設備の PLC 非通信状態における妨害波に関して、適用すべき他の答申等がある場合は当該答申等を尊重すること。
- (4) 大型装置・設備の測定配置の追加
 - 通常床に置いて使用する設備は、広さ 2 m×2 m 以上の接地導体面（基準接地面）に置くこと。ただし、高さ 8 cm から 15 cm の非金属性支持台（搬送用パレット等）によって金属大地面から離すこと。

7 諸外国の現状

PLC 設備に関する国際規格化の動向及び各国の規制概要を以下に簡単に記す。なお、規制は国によって大きく異なっているため、詳細は各国の法令等を参照する必要がある。

7.1 CISPR における審議状況

高速電力線搬送通信設備の国際規格は、IEC（国際電気標準会議）の国際無線障害特別委員会（CISPR）において検討されてきた。なお、用語「電力線搬送通信(PLC)」は、CISPR では PLT（Power Line Telecommunication）と呼ばれているので、以下では用語「PLT」を用いて、CISPR の審議状況を簡単に述べる。

CISPR では 1999 年 6 月頃から PLT の妨害波規格が検討されており、審議母体の作業班 CISPR/I/WG3 のタスクフォース TF-PLT で検討してきたが、規格案の CDV（投票用委員会原案）化に合意が得られず、代替案として提案された PAS（公開仕様書）化も否決されて、PLT に関する検討は振り出しに戻った。その結果、2004 年 9 月に TF-PLT は解散した。

その後、小委員会 CISPR/I に直轄の PLT プロジェクト（PT-PLT）が設立されて、2005 年 6 月以後、頻繁に会議が開催された。しかし、検討開始以来 5 年が経過した段階で CDV の合意に達しなかったため、2010 年 6 月に PT-PLT は解散した。

それ以降、CISPR では PLT の議論は行われてこなかったが、欧州では 2013 年 10 月に欧州電気標準化委員会（CENELEC）より屋内用 PLT 機器向けの EN 規格（EN 50561-1）が発行された。これを受けて CISPR/I が検討を再開し、EN 規格をそのまま CDV 文書とするか否かを問い合わせる質問表（Q 文書）を 2014 年 11 月に各国に送った。しかし、本 Q 文書に対する各国の意見は、賛成 10、反対 12 であり、検討再開についての合意は得られなかったため、CISPR/I では PLT の妨害波許容値と測定法の国際規格の検討を再開しないことが決定され、そのまま現在に至っている。

7.2 米国の状況

PLC に関する許容値は米国連邦法令集 47CFR Part15 に記されており、その背景や測定法は FCC 技術文書 ET 04-245 に記載されている。これらは 2004 年 10 月に公布されており、それ以後、大きな変化はない。

送配電系のアクセス PLC（Access BPL）については、詳細な使用禁止周波

数帯と使用禁止地域が定められており、設置する BPL の情報提示が求められている。認証試験は ET 04-245 に記載されているが、基本的には 3 カ所の代表的な住宅環境に BPL 設備を設置し、空中架線及び地中架線について、離隔距離 10m で周囲の電磁界測定をおこなう。

屋内用 PLC (In-house BPL) も、基本的には 3 カ所の代表的な住宅環境に PLC 設備を設置し、空中架線及び地中架線について、離隔距離 10m で周囲の電磁界測定をおこなう。

7.3 欧州の状況

2013 年 10 月に周波数帯 1.6065～30 MHz を使用する屋内用 PLC 設備を対象にした欧州規格 (EN 50561-1) が発行された。この規格では、妨害波許容値の規定以外に、最大信号電力の規定、使用禁止周波数帯の指定、動的な周波数阻止フィルタや動的な電力制御機能の特性が詳細に定められている。

なお、アクセス系の PLC 設備に関する規定は無い。

8 まとめ

PLC 設備の利用高度化については、次のとおりとすることが適当である。

8.1 PLC 設備の利用範囲の拡大

(1) PLC 設備を接続できる電力線の制限の緩和

PLC 設備を接続できる電力線として、これまで電圧 100V/200V の単相交流用電力線に限っていたものを、600V 以下の単相及び三相交流用電力線の利用も可能とすること。

(2) 鋼船（鋼製の船舶）における屋内用 PLC 設備の利用

これまで船舶における PLC 設備の利用は検討されていなかったが、鋼船においては交流及び直流の電力線を用いる屋内用 PLC 設備の利用を可能とすること。

8.2 IoT 時代に対応した測定法等の整備

(1) PLC 通信停止機能の具備

PLC 設備は筐体又は外部から PLC 通信機能のみを容易に作動及び停止できること。

(2) 妨害波測定法の明確化

PLC 設備の妨害波測定は、PLC 通信状態と非通信状態でそれぞれ独立に行い、許容値を満足すること。

PLC 設備の伝導妨害波は、電源端子あるいは通信端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。複数の電源端子あるいは複数の通信端子を有する設備は、それぞれの端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。

(3) 非通信状態における妨害波の許容値及び測定法の追加

PLC 設備の PLC 非通信状態における妨害波に関して、適用すべき他の答申等がある場合は当該答申等を尊重すること。

(4) 大型装置・設備の測定配置の追加

通常床に置いて使用する設備は、広さ 2 m×2 m 以上の接地導体面（基準接地面）に置くこと。ただし、高さ 8 cm から 15 cm の非金属性支持台（搬送用パレット等）によって金属大地面から離すこと。

8.3 現行規則の解釈に関する明確化

(1) 地中及び水中配線の電力線の利用

これまで架空配線以外の地中及び水中配線の電力線の利用が可能であるかが不明確であったが、地中及び水中配線の電力線の利用は可能であると

すること。

(2) 外壁コンセントに接続できる PLC 設備

家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントに直接接続できる PLC 設備は屋内用設備か屋外用設備かが不明確であったが、屋外 PLC 設備に限ること。

(3) 上空が覆われていない建物内の PLC 設備

これまでスタジアムなどの上空が覆われていない建物に設置できる PLC 設備は、屋内用設備か屋外用設備かが不明確であったが、周辺の建物との離隔距離が 30 m 以上あれば屋内用 PLC 設備の利用を可能とすること。

8.4 広帯域 PLC 設備の製造業者などの関係者の努力

広帯域 PLC 設備製造業者などの関係者においては、広帯域 PLC 設備が広く一般世帯に普及することを考慮して、設備利用者が無線利用との共存について十分に理解出来るように必要な情報を周知すること、また利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。さらに、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、広帯域 PLC 設備に漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

今回の審議においては、無線利用の保護に最大限配慮し、技術的に詳細な検討を行って、広帯域 PLC 設備の許容値及び測定法を定めたものである。シミュレーションにおいて第 3 線の状態により放射が増加する可能性があることに留意し、今後さらなる無線利用との共存状況について把握し、新たに考慮すべき知見が得られた場合など、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。

9 検討結果

以上の検討の結果、別添のとおり電気通信技術審議会諮問第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「広帯域電力線搬送通信設備の利用高度化に係る技術的条件」について、一部答申(案)を取りまとめた。

別表1

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会 構成員

(敬称略、五十音順 令和元年5月30日現在)

	氏名	主要現職
主査 専門委員	多氣 昌生	首都大学東京 システムデザイン学部 特別先導教授
主査代理 専門委員	山中 幸雄	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所電磁環境研究室 マネージャー
委員	増田 悦子	(公社)全国消費生活相談員協会 理事長
専門委員	秋山 佳春	日本電信電話(株) NTT ネットワーク基盤技術研究所環境基盤プロジェクト マネージャ
〃	石上 忍	東北学院大学 工学部 電子工学科 教授
〃	石山 和志	東北大学 電気通信研究所 教授
〃	大西 輝夫	(株)NTTドコモ 先進技術研究所 ワイヤレスフロントエンド研究グループ 主任研究員
〃	尾崎 覚	富士電機(株) パワエレシステム事業本部 社会ソリューション事業部 技師長
〃	熊田 亜紀子	東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻 教授
〃	清水 久恵	北海道科学大学 保健医療学部 臨床工学科 教授
〃	曾根 秀昭	東北大学サイバーサイエンスセンター 教授
〃	平 和昌	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所 所長
〃	田島 公博	NTT アドバンステクノロジー(株) グローバル事業本部 環境ビジネスユニット EMC センタ リーダ (主席技師)
〃	田中 謙治	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 理事長
〃	塚原 仁	日産自動車(株) 電子システム開発部 電子信頼性評価グループ 主査
〃	長谷山 美紀	北海道大学大学院 情報科学研究科 教授
〃	平田 晃正	名古屋工業大学大学院工学研究科 電気・機械工学専攻 教授
〃	堀 和行	ソニー(株) 品質・環境部 製品安全/環境コンプライアンスグループ チーフ EMC/RF コンプライアンスマネージャー
〃	松永 真由美	東京工科大学 工学部 電気電子工学科 准教授
〃	山崎 健一	(一財)電力中央研究所 電力技術研究所 サージ・電磁気現象領域リーダー 副研究参事
〃	山下 洋治	(一財)電気安全環境研究所 横浜事業所 EMC 試験センター 所長
〃	和氣 加奈子	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所 電磁環境研究室 主任研究員

(計22名)

別表2

高速電力線搬送通信設備作業班 構成員

(敬称略、構成員は五十音順、第10回から第18回)

	氏名	主要現職
主任	上 芳夫	電気通信大学 産学官連携センター 特任教授
主任代理	雨宮 不二雄	(一財)VCCI 協会 技術アドバイザー
構成員	赤塚 新司	東京電力ホールディングス(株) 新成長タスクフォース事務局長 (第12回～第13回)
〃	荒巻 道昌	パナソニック(株) イノベーション推進部門 ビジネスイノベーション本部事業戦略センター全社PLC推進 総括主幹
〃	稲田 憲世	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所 リソースアグリゲーション推進室長 (第14回～)
〃	梅谷 欣一	(一社)全国漁業無線協会 業務部長 (第17回～)
〃	遠藤 武	国土交通省 航空局交通管制部 管制技術課長 (第12回～)
〃	長部 邦廣	(一財)VCCI 協会 技術アドバイザー
〃	小瀬木 滋	(国研)海上・港湾・航空技術研究所 理事(研究担当)電子航法研究所長
〃	片山 泰祥	(一社)情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
〃	河野 芳克	(一社)全日本航空事業連合会 事務局長
〃	小倉 修一	海上保安庁 総務部 情報通信課長 (第18回)
〃	児玉 俊介	(一社)電波産業会 研究開発本部長
〃	坂本 茂雄	日本放送協会技術局計画部副部長 (～第12回)
〃	篠塚 隆	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所電磁環境研究室 協力研究員
〃	清水 敏久	首都大学東京 システムデザイン学部電子情報システム工学科 教授
〃	下口 剛史	住友電気工業(株) パワーシステム研究開発センター電力応用システム部 部長
〃	杉浦 行	東北大学 名誉教授
〃	高井 正興	(一社)日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会 委員長
〃	高草木 恵二	高速電力線通信推進協議会 運営委員長
〃	高橋 玲王奈	(株)日経ラジオ社 技師長
〃	塚原 仁	日産自動車(株) 電子・電動要素開発本部電子システム開発部 電子信頼性グループ主査(CISPR D 作業班主任)
〃	土屋 史紀	東北大学大学院 理学研究科/電波天文周波数小委員会委員
〃	中村 和雄	(一社)全国漁業無線協会 業務部長 (～第14回)

〃	野久保 薫	海上保安庁 総務部 情報通信課長 (第 13 回～第 17 回)
〃	藤原 久夫	(一社)日本船主協会
〃	松井 淳	国土交通省航空局交通管制部管制技術課長 (～第 11 回)
〃	松本 泰	(国研)情報通信研究機構 電磁波研究所 上席研究員
〃	村山 研一	日本放送協会 技術局計画管理部 副部長 (第 13 回～)
〃	森 征人	海上保安庁総務部情報通信課長 (～第 13 回)
〃	山口 浩一	東京電力ホールディングス(株) 新成長タスクフォース事務局長 (～第 11 回)
オブザーバ	多氣 昌生	首都大学東京 システムデザイン学部 教授

別添

電気通信技術審議会諮問第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「広帯域電力線搬送通信設備の利用高度化に係る技術的条件」についての一部答申(案)

広帯域電力線搬送通信（電力線搬送通信設備のうち、搬送波の周波数が2 MHz から30MHz までの範囲にあるものに限る。以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。）設備の利用高度化については、次のとおりとすることが適当である。

1 PLC 設備の利用範囲の拡大

(1) PLC 設備を接続できる電力線の制限の緩和

PLC 設備を接続できる電力線として、これまで電圧100V/200Vの単相交流用電力線に限っていたものを、600V以下の単相及び三相交流用電力線の利用も可能とすること。

(2) 鋼船（鋼製の船舶）における屋内用 PLC 設備の利用

これまで船舶における PLC 設備の利用は検討されていなかったが、鋼船においては交流及び直流の電力線を用いる屋内用 PLC 設備の利用を可能とすること。

2 IoT 時代に対応した測定法等の整備

(1) PLC 通信停止機能の具備

PLC 設備は筐体又は外部から PLC 通信機能のみを容易に作動及び停止できること。

(2) 妨害波測定法の明確化

PLC 設備の妨害波測定は、PLC 通信状態と非通信状態でそれぞれ独立に行い、許容値を満足すること。

PLC 設備の伝導妨害波は、電源端子あるいは通信端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。複数の電源端子あるいは複数の通信端子を有する設備は、それぞれの端子について独立に測定を行い、許容値を満足すること。

(3) 非通信状態における妨害波の許容値及び測定法の追加

PLC 設備の PLC 非通信状態における妨害波に関して、適用すべき他の答申等がある場合は当該答申等を尊重すること。

(4) 大型装置・設備の測定配置の追加

通常床に置いて使用する設備は、広さ2 m×2 m以上の接地導体面（基準接地面）に置くこと。ただし、高さ8 cmから15 cmの非金属性支持台（搬送用パレット等）によって金属大地面から離すこと。

3 現行規則の解釈に関する明確化

(1) 地中及び水中配線の電力線の利用

これまで架空配線以外の地中及び水中配線の電力線の利用が可能であるかが不明確であったが、地中及び水中配線の電力線の利用は可能であるとする。

(2) 外壁コンセントに接続できる PLC 設備

家屋の屋外に面する部分に設置されたコンセントに直接接続できる PLC 設備は屋内用設備か屋外用設備かが不明確であったが、屋外用 PLC 設備に限ること。

(3) 上空が覆われていない建物内の PLC 設備

これまでスタジアムなどの上空が覆われていない建物に設置できる PLC 設備は、屋内用設備か屋外用設備かが不明確であったが、周辺の建物との離隔距離が30 m以上あれば屋内用 PLC 設備の利用を可能とすること。

4 広帯域 PLC 設備の製造業者などの関係者の努力

広帯域 PLC 設備製造業者などの関係者においては、広帯域 PLC 設備が広く一般世帯に普及することを考慮して、設備利用者が無線利用との共存について十分に理解出来るように必要な情報を周知すること、また利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。さらに、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、広帯域 PLC 設備に漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

今回の審議においては、無線利用の保護に最大限配慮し、技術的に詳細な検討を行って、広帯域 PLC 設備の許容値及び測定法を定めたものである。シミュレーションにおいて第3線の状態により放射が増加する可能性があることに留意し、今後さらなる無線利用との共存状況について把握し、新たに考慮すべき知見が得られた場合など、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。