

これまでの作業班（第10回以降）の検討結果 （まとめ）

2019.2.28

作業班主任
電気通信大学名誉教授
上 芳 夫

1 現在許可されている広帯域電力線搬送通信設備

広帯域電力線搬送通信設備（以下 PLC 設備と称す）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、PLC 設備に関する条件は以下のとおりである。

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。

(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。

なお、これまでのところ上記の PLC 設備による受信障害は確認されていない。

2 検討課題

PLC 設備に関する上記の条件について、工業会「高速電力線通信推進協議会（PLC-J）」から以下

の事項について検討要望が出された。

2.1 工業会 PLC-J から要望された検討課題

2.1.1 三相線上利用に関する要望（資料 13-2）

Step1-① 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
電圧 100V/200V、周波数 50Hz/60Hz の単相交流⇒（屋内配線に限り）限定無しとする
外壁コンセントに接続できるモデムの種類の検討

Step1-② 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
電圧 100V/200V、周波数 50Hz/60Hz の単相交流⇒ 限定無しとする

Step1-③ 船舶(鋼船)内での利用について
定格電圧 100V/200V、定格周波数 50Hz/60Hz の単相交流⇒ 限定無しとする
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⇒ 限定無しとする
屋内においてのみ使用⇒ 鋼船でも利用可とする

Step2 分電盤/配電盤より負荷側且つ屋外露設の設備での利用

④家屋に付随する分電盤と配線⇒ 屋外露設の分電盤・配線も可とする

その他の検討スコープ 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。

2.2.2 屋外での利用に関する要望（資料 13-7）

Step1-① 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
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）

Step1-② 通信対象機器間の地中電線路の利用

Step 2 架空電線路系統（6,600V 以下）を利用した通信

2.2 当面の検討課題（資料 13-9）

上記の多数の要望課題に関して、以下の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広帯域 PLC 設備
 - ・ 三相三線・三相四線
 - ・ 電圧 400V 以下
- ② 屋外電力線に設置する広帯域 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）
 - ・ 三相三線・三相四線
 - ・ 電圧 400V 以下
- ③ 外壁屋外コンセントに直接接続する広帯域 PLC 設備
- ④ 地下埋設・水中の電力線
- 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審議した。

3 検討した内容

3.1 コンピュータによる電磁界解析の可能性の検討（資料 15-5, 15-6, 16-2）

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、漏えい電磁界を測定することは困難である。このため、コンピュータによる電磁界解析が不可欠であるので、その有効性を確かめるために、長さ約 10m のモデル線路を使って実測結果と解析結果の比較を行った。

その結果、モーメント法による電磁界解析結果と実測結果が良く一致したので、電磁界解析手法の妥当性が確認できた。

3.2 工場内三相電力線の電气的特性の調査（資料 15-4）

コンピュータによる電磁界解析を行う場合、電力線の特性データが必要になる。これまでに単相 2 線の特性は知られていたが、今回、工場内三相線を対象にして電气的特性を調査した。その結果、累積確率 50%の値は、ディファレンシャルモード・インピーダンス(DMZ)が 31 Ω 程度、コモンモード・インピーダンス(CMZ)が 107 Ω 程度、縦電圧変換損(LCL)が 32 dB 程度であることが判った。

なお、コンピュータによる電磁界解析では、上記の工場内三相線の電气的特性および PLC モデムの型式指定に関わる試験を参考にして、最悪条件に近い DMZ=100 Ω, CMZ=25 Ω, LCL=16 dB を採用することにした。

3.3 PLC モデムが接続されていない第 3 線の影響に関する検討

三相 3 線の電力線に PLC モデムが接続された場合、モデムを接続していない第 3 線が漏えい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。

3.3.1 伝送線路理論に基づく検討（資料 17-06）

3 線に 2 線用の PLC モデムを接続することによって放射妨害波が変化するが、この波源は主として 3 線を同一方向に流れる電流（同相電流）である。このため、3.2 で測定調査した線路特性に基づいて 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。その結果、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、正規分布と見なすことができる。
- (2) 累積分布特性の 50%累積値がそれぞれの平均であり、標準偏差が平均より、最大値分布で約 7 dB、平均値分布で約 3 dB 低い値となる確率分布となっている。
- (3) 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。

3.3.2 コンピュータを用いた電磁界解析による検討（資料 17-07）

一般に、PLC モデムを接続した平行 2 線に第 3 線を付加すると、同相電流（コモンモード電流）も近傍電磁界も変化することが予想される。このため、コンピュータによる電磁界解析を用いて第 3 線の影響を調べた。その結果、以下のことが判った。

- (1) モデム接続 2 線の終端が極めて不平衡な場合（例えば LCL 16dB）、第 3 線とモデム接続 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 線とモデム接続 2 線の終端結合が強いと、平衡度が改善され近傍磁界強度が低下する。
- (2) モデム接続 2 線の終端の平衡状態が良ければ（例えば LCL 32dB）、第 3 線を付加することによって、平衡度が劣化し近傍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 16dB）を想定して決定した単相 2 線用屋内・屋外 PLC モデムの許容値は、三相 3 線にも適用できることが推測された。

3.4 PLC モデムを接続した工場等の屋内三相電力線からの漏えい磁界強度に関する検討

単相 2 線の電力線については既に PLC モデムが市販されているので、市販の屋内 PLC モデムを三相電力線に接続した場合の漏えい磁界強度について、電磁界解析と実測調査を行った。

3.4.1 コンピュータを用いた電磁界解析による検討（資料 17-08）

電磁界解析から以下のことが判った。

- (1) 屋内 PLC モデム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

波数で近傍磁界の上昇が見られる。しかし、実際の線路では多数の負荷や分岐線があるため、鋭い共振は余り観測されないとされる。

- (2) 線路の両端に極めて不平衡な負荷 (LCL16dB) を接続して電磁界解析したが、実際の近傍磁界は解析結果より以下の理由により 20dB 程度低いことが予想される。
 - (a) LCL16dB と LCL32dB の違いにより 10dB 程度
 - (b) 建造物の遮蔽効果により 10dB 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近傍磁界強度は、金属大地上に比べて更に 20dB 程度低下する。

3.4.2 実測調査 (資料 15-2, 15-3)

測定対象とした 7 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、屋内 PLC 設備の動作による建物周辺の磁界強度の上昇は観測されなかった。具体的には、PLC 動作時と非動作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。この結果は、観測された等価電界強度の周波数特性に OFDM 変調特有の連続スペクトルが観測されなかったことから肯ける。

以上の電磁界解析および実測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屋内 PLC 設備を三相電力線に設置しても、近傍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。(周囲雑音の代表値： 28dB μ V/m@2-14MHz, 18dB μ V/m@15-30MHz : H18 情通審答申)

3.5 PLC モデムを接続した工場等の屋外三相電力線からの漏えい磁界強度に関する検討

単相電力線で使用可能な屋外 PLC モデムを三相電力線に接続した場合の漏えい磁界強度について、電磁界解析と実測調査を行った。

3.5.1 コンピュータを用いた電磁界解析による検討 (資料 17-09)

電磁界解析を行った結果、建造物の屋内から屋外に引き出した三相 3 線の電力線に現在許可されている屋外 PLC モデムを接続・使用しても、一般に近傍磁界強度は周囲雑音の代表値と同程度か、それ以下であることが推測された。なお、金属大地面では近傍磁界が高くなるが、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) も少ないことなどを考慮すると、屋外用 PLC モデムの使用は問題無いと思われる。

3.5.2 実測調査 (資料 17-02)

2 工場で屋外 PLC モデムの結線や測定配置を変えて 12 種類の測定を行ったが、モデムの動作による漏えい磁界の変化は平均値 0.1dB 程度、標準偏差 3dB 以下であり、殆ど観測されなかった。

以上の電磁界解析および実測調査から、現在許可されている単相電力線の屋外 PLC 設備を三相電力線に設置しても、近傍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た。

3.6 鋼船における PLC 設備利用に関する検討 (資料 17-05、資料 17-10)

2 隻の鋼船の交流電力線および直流電力線に屋内 PLC モデムを設置して、その動作による近傍磁界の変化を接岸埠頭で観測したが、レベル上昇は観測されなかった。

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は観測されなかった。

したがって、鋼船での屋内 PLC モデムの利用は可能と思われる。

3.7 地中および水中に配線された電力線の使用に関する検討（資料 17-04）

実測結果から、地中および水中の電力線からの漏えい磁界は架空の電力線からの漏えい磁界よりレベルが低いので、これらの電力線の使用は可能と思われる。

3.8 外壁コンセントに接続可能な PLC 設備に関する検討（資料 15-7、資料 16-5）

市販されている PLC モデムには、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。このため、屋内 PLC モデムを外壁コンセントで使用すると、モデムで発生した高レベルの信号が屋外電力線を伝搬する可能性がある。また、モデムの通信線を介して屋内の高レベル信号が屋外に漏えいすることも懸念される。

したがって、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 設備は屋外 PLC 設備とする。

3.9 スタジアム等の上空が覆われていない大型建物の PLC 設備（資料 15-2、資料 17-09）

スタジアムのグラウンド上方空間は遮蔽されないが、敷地が広大であり、周囲の建物からの隔離距離を 30m 程度以上確保できることが予想されるため、屋内 PLC モデムの使用は可能と思われる。このことはスタジアム周辺における近傍磁界の実測結果からも頷ける。

なお、放射電力は-80dBW/10kHz 程度以下であり、微弱無線局の放射電力より小さいことが推測される。

3.10 PLC 設備の許容値及び測定法の修正提案（資料 17-13）

従来の許容値及び測定法は、主に PLC モデム単体を対象にして検討されたため、PLC モジュールを内蔵する様々な装置・設備には余り適していない。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 通信の作動および停止機能の具備
- (2) 妨害波測定法の追加
- (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
- (4) 大型装置・設備の測定配置の追加

4 まとめ

4.1 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、400V 以下の単相及び三相交流用電力線の利用を認める。
- (2) 鋼船（鋼製の船舶）における屋内 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 PLC 設備の利用を認める。

4.2 IoT 時代に対応した測定法等の整備

- (1) PLC 通信の作動および停止機能の具備
- (2) 妨害波測定法の追加
- (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
- (4) 大型装置・設備の測定配置の追加

4.3 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
地中及び水中配線の電力線の利用についてはこれまで検討を行ってこなかった。今回検討を

行い、これらの電力線の利用が可能であることが判った。

(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 設備に限ることとする。

(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 30m 以上あれば屋内 PLC 設備を利用することとする。

以上