

るためには、等電位ボンディングバーを設置し、前述のあらゆる機器および設備の接地をそれに施す。さらに、建築物内に入っている金属製の設備や電力線、通信線に対しては入り口のところで各種のSPDを設置する。このように、内部雷保護システムの設計には雷電磁環境のカテゴリーを考慮したうえで、主として等電位ボンディングとSPDによって構築する必要がある。

雷に起因して発生する電圧は、瞬間的ではあるが非常に大きく、サージ電圧を制限するためにSPDが用いられる。このSPDは過電圧が侵入したときだけに短絡状態になるため、それによって等電位化を図ることができる。

等電位ボンディングには、「ボンディング導体を用いて、直接的に施工する方法」と、「SPDを介して等電位化を図る方法」とがある。電力線や通信線を直接的にボンディングすると短絡してしまうため危険である。このよ

うな場合は、前述したようにSPDを用いなければならない。当然ではあるが、等電位ボンディングバー(図1の集中接地端子)は接地線を用いて接地極に接続しなければならない。

(4) 雷保護システム普及のための課題

JIS-A-4201(雷保護)の改正、国際整合化に伴うIEC規格のJIS(Japanese Industrial Standards、日本工業規格)化などの動きによって、住宅を除く建築物には、自主的にSPDによる雷保護システムを導入することが加速度的に広まっている。

住宅においても、今回の内線規程の改訂に伴い、電力系の雷保護が実現しようとしている。ここでは、いろいろな視点で普及のための課題について述べる。

① ユーザーの視点

住宅内に雷サージが侵入すると、高価なデジタル家電が一瞬にして破壊されてしまう。農耕民族であるわれわれは、がまん強い国民性でもあり、ある程度

のリスクを許容し、「雷は天災だからしかたない」という風潮があった。しかし、内部雷保護に関しては人災の範疇であり、現代の技術で防ぐことができる。住宅分電盤にSPDを装備することで安全、安心を得ることができる。ただし、費用の負担の問題がある。しかし、住宅寿命の30年間余を考えたら、費用の負担は解決できるのではなからうか、さらに、次の二つの社会背景がある。

(イ) 住宅の情報化

21世紀の住宅では、情報・通信機器、情報家電が普及し、これらはネットワーク化されマルチメディアサービスが実現されようとしている。これらの設備・機器はエレク

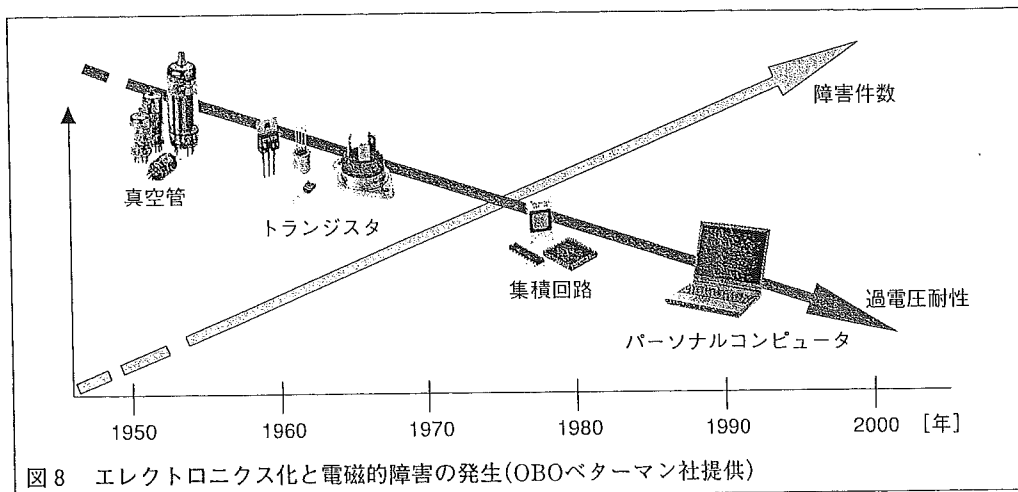


図8 エレクトロニクス化と電磁的障害の発生(OBOベターマン社提供)

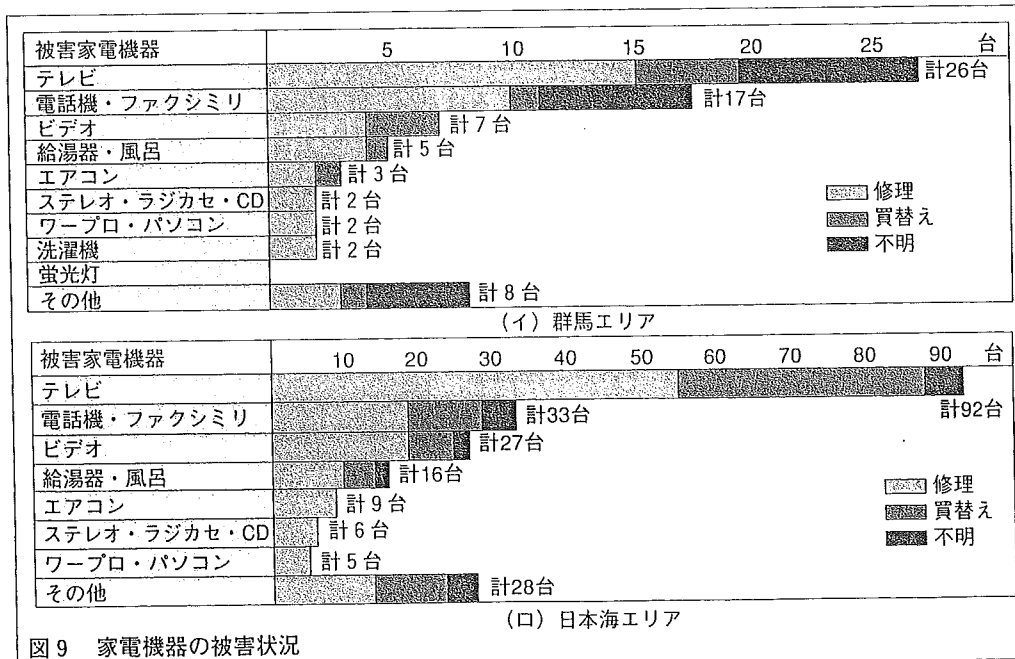


図9 家電機器の被害状況

トロニクス化されており、雷サージなどに起因する過電圧の保護対策を講じる必要がある。

特に、インターネットがオンラインショッピング、電子マネー、電子決済などのネット取引に活用される場合、住宅のネットワーク設備機器の信頼性、セキュリティは重大な関心事である。

住宅におけるインフラ整備としての情報配線設備が高い信頼性を確保するためには、雷に関連するEMC対策を十分に講じることが重要である。

(ロ) 高齢化社会

高齢化社会が進展する中で、在宅医療制度が確立されようとしている。その一環として、住宅検診、遠隔医療、ホームケアサービスや緊急通報システムなどのインターネットを活用したサービスが具体化しつつある。

これは、マルチメディアサービスに密接に関係するもので、老人の在宅をモニタするモニタリングサービスの信頼性の確保、高度医療機器(ME(Medical Electronics)機器)の稼働の信頼性が必要になる。

そのためには、雷サージに起因するモニタおよびME機器の過電圧保護対策を講じる必要がある。

② 分電盤メーカーの視点

(社)日本配線器具工業会(JEWA: Japan Electrical Wiring Devices and Equipment Industries Association)では、住宅分電盤のHP(ホームパネル)ラベルによる認定を行っている。住宅分電盤には過電流遮断器、漏電遮断器の他に、電気安全の砦としてコード短絡保護機能、高遮断機能、感震機能などの安全性を高める機能を付加した分電盤を開発し、さらにSPDを装備した雷保護機能も商品化している。

今回の内線規程の改訂に伴い、雷保護機能付分電盤の生産が加速されるであろうが、問題は価格である。メーカー側は大量生産ができればと言う。普及させるためにはこの問題を解決しなければならない。SPDを装備することで、従前にも増して接地の重要性を認識する必要がある。前節で述べた3Pコンセントシステムと合わせて、トータル的なシステム技術が要求される。

③ 設計者の視点

SPDの仕様は図7に示したようにカテゴリー、クラス分けを考慮して選定しなければならない。内線規程で規定しているSPDの性能はクラスIIである公称放電電流2.5kA(8/20 μ s)以上とし、エネルギーの大きい冬季雷エリアではこれ以上の適用を推奨することも注記している。

住宅において直撃雷はまれであろうが、引込口の近く

の電柱に落雷することは考えられる。いずれも確率論の問題ではあるが、データを収集してわが国に合った適切なSPDの仕様を決定する必要がある。

④ 施工者の視点

図1に示したようにSPD装備の住宅分電盤には、集中接地端子が設置している。これはIEC規格で言えば等電位ボンディングバーである。IEC規格では、住宅内にある金属製設備の等電位化は必須である。日本古来の木造住宅であれば問題はないが、簡易鉄骨造の住宅では等電位化の思想を導入することが必要である。

集中接地端子からの接地線は、サージインピーダンスを小さくするため、できるだけ短くする必要がある。さらに、接地抵抗も小さくすることが望ましい。内線規程では、D種接地工事(100 Ω 以下)に準じているが、接地線を短くすること、接地抵抗を小さくすることの条件を満足する接地極の選定が課題である(次号の「住宅基礎の代用接地極の実用化」の項目を参照されたい)。

⑤ 筆者の視点

NHKの番組「クローズアップ現代: 落雷パニック」(平成7年9月20日放送)のお手伝いをしたことがある。われわれが日常使用している多機能電話、テレビ、インターホンなどが雷サージによって破壊されたり、障害を被る事例を紹介した番組である。わが国で初めて内部雷保護の必要性を知らせたもので、市民、設計事務所、建設会社、電気工事会社などの技術者に非常なインパクトを与えた。

その当時、シナリオではヨーロッパに比べ10年遅れている旨のことだったが、それからもう10年経過している。保護技術は十分に確立しているわけで、自主的に取り組みば普及するはずなのだが、なかなか進まない。やはり、強制的な法規がなければ実現しないのか。とはいえ、今回の内線規程がトリガーになって欲しいものである。

◆参考文献◆

- (1) 「内線規程」, JEAC 8001-2005
- (2) 電気工事の友, vol.58, No.699, 701, 平成17年
- (3) 高橋健彦: 「図解接地システム入門」, (株)オーム社, 2001年
- (4) 高橋健彦: 「接地・等電位ボンディング設計の実務知識」, (株)オーム社, 2001年
- (5) 高橋健彦: 「住宅における接地設備の課題」, 電気設備学会誌, Vol.23, No.2, pp.116~120, 2003年
- (6) 右田理平, 高橋健彦: 「戸建住宅基礎の代用接地極に関する基礎的検討」, 電気設備学会誌論文号, Vol.24, No.4, pp.296~301, 2004年
- (7) 右田理平, 北村健司, 高橋健彦: 「戸建住宅基礎の接地抵抗の推定」, 電気設備学会論文号, Vol.25, No.5, 2005年
- (8) 「木造住宅工事共通仕様書」, (財)住宅金融普及協会

内線規程の改訂に伴う これからの住宅電気設備

後編

高橋 健彦 (たかはし たけひこ)

関東学院大学工学部 教授、大沢記念建築設備工学研究所 所長
IEC-TC64(感電保護と電気設備)国内委員会 委員長

先月号では、内線規程の改訂について、その概要と、これからの住宅電気設備に必要とされる二つのトピックス、「接地極付コンセント」および「雷保護機能付住宅分電盤」について、技術的解説をした。

今号では、住宅基礎の代用接地極の実用化について解説する。

住宅基礎の代用接地極の実用化

鉄筋コンクリート造などの建築物の躯体は構造的に一体化され、その電気抵抗も低い。それらの基礎(地下部分)は大きな表面積で自然に大地と接触しており、建築構造体そのものを接地極に代用する、いわゆる「構造体接地」という考え方は、わが国において電気設備技術基準解釈(以下、電技解釈)およびJIS-A-4201(1993)で定義されており、各方面で実用化されている。

住宅基礎も鉄筋コンクリート造であり、代用接地極としての条件は満足している。ドイツにおいては、住宅基礎に専用の帯状電極を挿入して代用接地極として実用化している。そこで、わが国においても、住宅基礎を代用接地極として利用するための研究を行い、多くの知見を

得ている。

今回の内線規程の改訂で、従前にも増して、接地の重要性が問われている。それに応えるためにも信頼性のある接地極が必要である。ここでは、住宅基礎を代用接地極として利用する考え方を提案したい。

(1) 住宅における接地設備の必要性

近年の高度情報化社会および家庭電化の進展に伴い、住宅で使われている家電機器は、単相3線式の200Vを電源とする機器の大容量化、情報技術機器などのインターネット化が進んでいる。これらの家電機器には、感電防止のための保安用接地、エレクトロニクス機器の稼働を保証するための機能用接地が必要である。さらに、電力線からの雷サージを防止するための分電盤のSPD(Surge Protective Devices、雷サージ防護デバイス)にも接地が必要不可欠である。

従前から住宅では、保安用接地を主体に電技解釈第19条に規定しているD種接地工事が施工されている。

今後の全電化住宅、情報化住宅の普及を考えたとき、住宅の接地設備を整備する必要がある。現在はD種接地工事として、多くの場合、棒状接地極を用いている。高周波数領域であれば問題はないが、雷サージを防止するためのSPDの接地を考えると、インピーダンス低減のためには、環状接地極のような広がりを持つ接地極が理想である。さらに、住宅分電盤の集中接地端子からの接地線を短くす

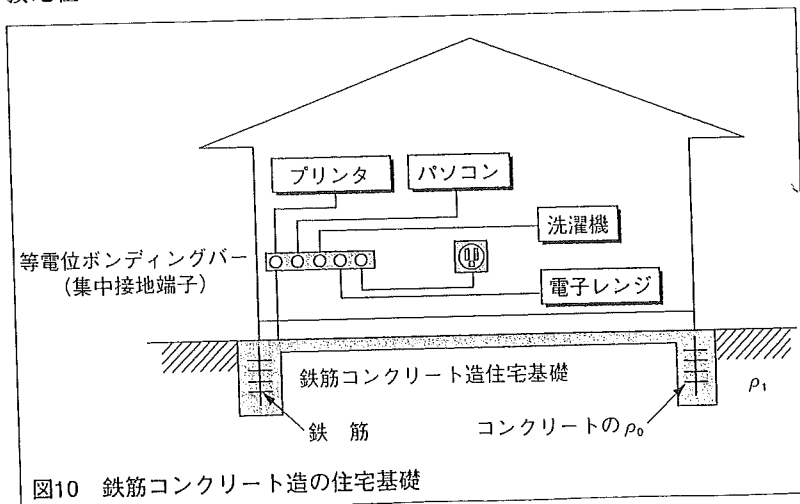


図10 鉄筋コンクリート造の住宅基礎

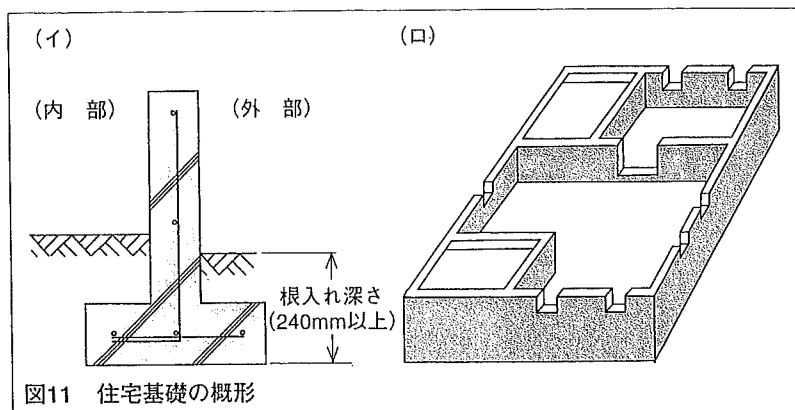


図11 住宅基礎の概形

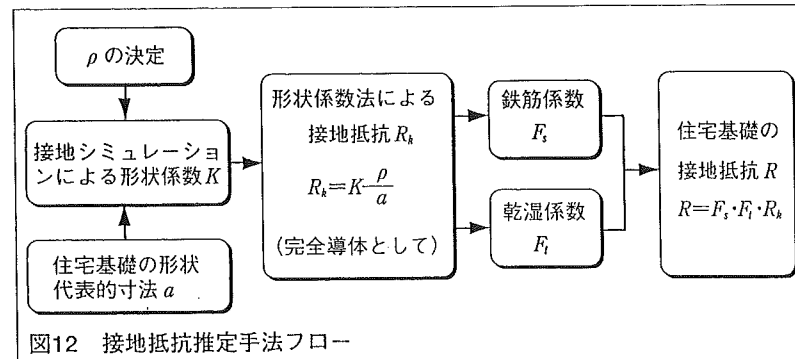


図12 接地抵抗推定手法フロー

るといふ条件を考えると、住宅基礎を接地極に代用することが有意性を持つ。一方、電位分布および電位傾度を考えても広がりを持つ接地極が有利である。

住宅におけるすべての接地を集中接地端子(等電位ボンディングバー)に集中させ、つまり、共用接地とすることが最適な接地工法であり、それを実現するためには住宅基礎を代用接地極として利用することが考えられる(図10)。

(2) 住宅基礎の概要

木造住宅工事共通仕様書(住宅金融公庫基準適合)によると、戸建住宅の基礎には、布基礎、べた基礎などがありいずれも鉄筋コンクリート造である。ここでの参考文献である文献^{(6),(7)}では布基礎を主体としている。図11に布基礎と住宅基礎の概形を示す。

布基礎の根入れ深さは最低でも240mm以上とし、鉄筋は上下主筋、補助筋の寸法および間隔を規定している。布基礎の底部には割栗および捨てコンクリート施工される。

住宅基礎の接地効果を検討した結果、地中に存在する鉄筋コンクリート基礎の場合、布基礎の底部および内側部(図11(イ))の接地効果は少なく、基礎全体(同図(ロ))では外周部分の基礎だけに接地効果があると仮定した。このことは、接地抵抗を推定する場合、相当の安全率を見ていることを意味している。

(3) 接地抵抗の推定手法

推定手法のフローを図12に示す。

① 形状係数法による接地抵抗の推定

住宅基礎のような形状の電極の接地抵抗計算式は存在しない。そこで、形状係数法を用いた接地シミュレーションによる方法を用いる。この形状係数を用いることで接地抵抗は算定できる。ただし、これは電極が完全導体とみなした場合である。

② 鉄筋係数

鉄筋コンクリート造は地上にある場合は絶縁物に近い状態であるが、地中にある場合は導体とみなせることはすでに確認されている。しかし、完全導体ではない。そこで、コンクリート内に挿入されている鉄筋量を考慮した場合の接地抵抗の変化の程度を見る必要がある。

完全導体の接地抵抗を R_0 、鉄筋コンクリート造の接地抵抗を R としたとき、鉄筋量 β [%]

に対する R/R_0 を鉄筋係数 F_2 と定義する。この関係を図13に示す。同図より、鉄筋量 β が増加するほど鉄筋係数(R/R_0)は完全導体(鉄筋量100%)の1に近づいていき、減少すれば鉄筋0%の F_2 に近づいていく。

木造住宅工事共通仕様書を参考にして、住宅基礎の一般的な鉄筋量を0.54%とした場合、鉄筋係数は約2.32である。つまり、鉄筋量を考慮する際には形状係数法で得られた接地抵抗推定値を F_2 倍する必要がある。

③ コンクリートの湿乾係数

地中にある鉄筋コンクリート造の湿潤、乾燥状態の見極めが重要である。そこで、図10に示したように、大地抵抗率を ρ_1 、コンクリートの抵抗率を ρ_0 とした場合、 $\rho_0/\rho_1 < 1$ の場合は、大地の ρ_1 に比べてコンクリートの ρ_0 が小さい場合であり、つまり、コンクリートが湿潤状

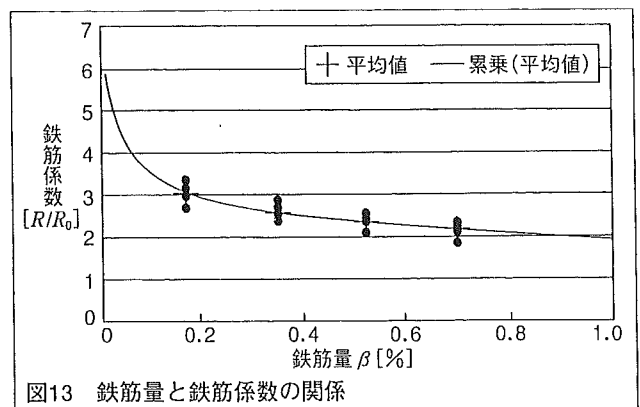


図13 鉄筋量と鉄筋係数の関係

態である。それに対して、 $\rho_0/\rho_1 > 1$ の場合は、コンクリートの ρ_0 が大きい場合で、いわゆる乾燥状態である。

$\rho_0/\rho_1 = 1$ の接地抵抗を 1 とした場合、 $\rho_0/\rho_1 < 1$ 、 $\rho_0/\rho_1 > 1$ に対する接地抵抗の比を湿乾係数 F_t と定義する。 ρ_0/ρ_1 と湿乾係数の関係を図14に示す。文献⁽⁶⁾において、コンクリートの電気特性についての検討を行っている。それによると、湿潤状態のコンクリートの抵抗率は、乾燥状態の約1/4倍の値で一定になっている。

このことは、乾燥状態のコンクリートの抵抗率は、最大で湿潤状態の約4倍になることを示している。よって同図により、乾燥状態 $\rho_0/\rho_1 = 4$ の場合における F_t の値が、住宅基礎の湿乾係数の最大値と考えることができる。つまり、湿乾係数を考慮した場合は、形状係数法で得られた接地抵抗値を F_t 倍する必要がある。

④ 住宅基礎の接地抵抗の推定

形状係数法で求めた完全導体の接地抵抗 P_k 、鉄筋コンクリート造の鉄筋係数 F_s 、湿乾係数 F_t により住宅基礎の接地抵抗は図12のフローに示した算定式で推定できる。

(4) 全電化住宅基礎の接地抵抗の推定例

現在、建設されている代表的なメーカーの全電化住宅を例にして住宅基礎の形状(外周だけ)から形状係数を推定し、図12に示したフローによって接地抵抗を推定してみた。結果を表3に示す。ここで、大地抵抗率は100 [$\Omega \cdot m$]とした。前述したように、住宅基礎の接地効果面を布基礎の外側だけとし、さらに、接地極とみなせる部分を外周だけと仮定しているため、接地抵抗推定としては担当の安全サイドである。このような仮定の下でも同表に示したように、良好な接地抵抗を得られることがわかった。



近年、住宅内においても多種多様な情報技術機器が導

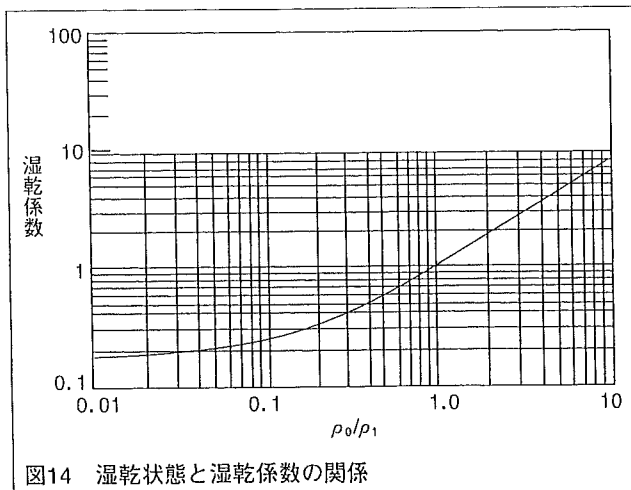


図14 湿乾状態と湿乾係数の関係

入されている。このような状況において、例えば、総務省(旧郵政省)が進めている情報家電インターネット開発計画は、住宅の電気設備に新たな課題を投げかけている。

住宅内に導入されている電子・通信機器などのエレクトロニクス機器は過電圧耐性が小さく、雷サージなどによって、機器の破壊、誤動作などの障害が生じる。電気が電力機器、いわゆるシロモノを対象としてエネルギーとして利用されていた時代には、電磁的なノイズはさほど問題視されなかった。

しかし、近年のエレクトロニクス万能の時代にあって、電気はエネルギー以外に、情報・制御信号として利用されることが多くなり、電磁環境問題がクローズアップされるようになってきた。一方、インターネットの機能面ばかりが脚光を浴び、肝心のインフラ整備の一つである接地設備は十分であるとは言い難い。

情報・制御信号は、いわゆる通信線によって外部とア

表3 全電化住宅基礎の接地抵抗の推定値

モデル	基礎の形状 (形状係数)	1階床面積[m ²]	推定接地抵抗 (最大値)[Ω]
		代表的寸法[m]	
①	0.87	111.45	56.4
		12.60	
②	0.92	124.00	54.7
		13.62	
③	0.94	123.98	53.9
		14.18	
④	1.17	164.97	53.4
		17.80	
⑤	1.02	98.35	58.3
		14.18	
⑥	1.11	79.64	57.0
		15.75	
⑦	1.22	158.36	54.2
		18.23	
⑧	0.76	68.30	60.3
		10.26	
⑨	0.56	152.9	49.6
		9.23	
⑩	0.66	81.03	58.5
		9.18	

※ ←→ : 代表的寸法

クセスしている。電力線を介した雷サージなどは、住宅分電盤で防護することはできるが、通信線の雷サージを防護する手段は、今のところ、よりどころとしての基準・規程がなく個人の責任で対策を施しているにすぎない。今後の大きな課題であろう。

内線規程を作成する(社)日本電気協会 需要設備専門部会内の低圧分科会のまとめ役として参画した者として、需要場所の電気設備の設計・施工・維持・検査の業務に従事している技術者諸兄は、今回の改正の主旨を理解され、電気の安全確保の業務に役立てていただきたいと願う次第である。

◆参考文献◆

- (1) 「内線規程」, JEAC8001-2005
- (2) 電気工事の友, vol.58, No.699, 701, 平成17年
- (3) 高橋健彦:「図解接地システム入門」, (株)オーム社, 2001年
- (4) 高橋健彦:「接地・等電位ボンディング設計の実務知識」, (株)オーム社, 2001年
- (5) 高橋健彦:「住宅における接地設備の課題」, 電気設備学会誌, Vol.23, No.2, pp116~120, 2003年
- (6) 右田理平, 高橋健彦:「戸建住宅基礎の代用接地極に関する基礎的検討」, 電気設備学会誌論文号, Vol.24, No.4, pp.296~301, 2004年
- (7) 右田理平, 北村健司, 高橋健彦:「戸建住宅基礎の接地抵抗の推定」, 電気設備学会論文号, Vol.25, No.5, 2005年
- (8) 「木造住宅工事共通仕様書」, (財)住宅金融普及協会