

いことから、電気設備のメンテナンスや高性能化などのハード面の安全対策に加え、電気火災防止に関する法律の制定、自主的な点検などのソフト面の安全対策の充実が必要である。

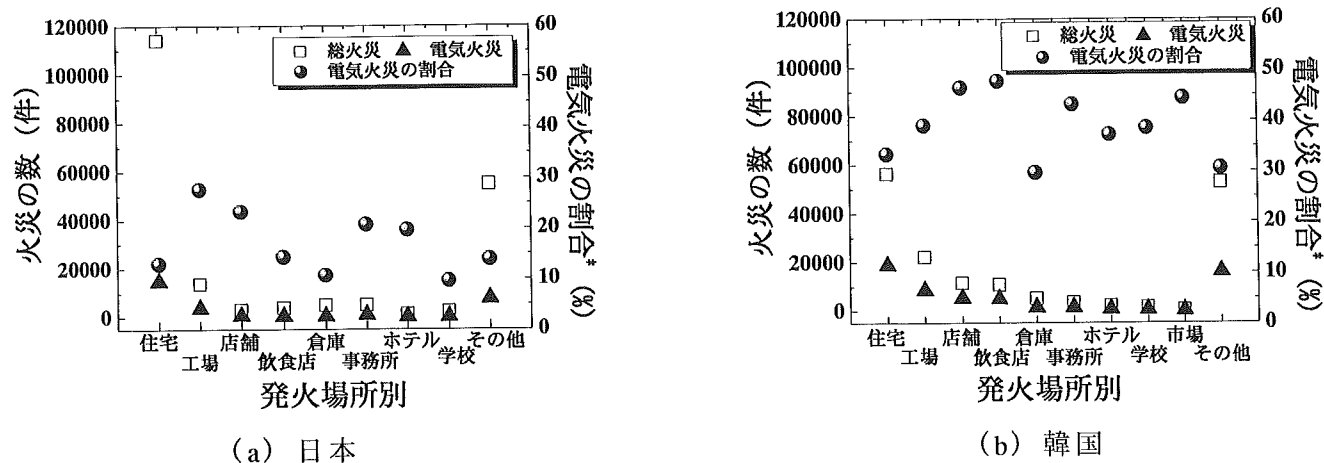


図 5 日韓の発火場所別電気火災 (\* : 発火場所別の総火災に対する電気火災の割合)

## 2.4 電気火災と昇圧との関連

漏電（線間短絡を含む）による火災を防止する対策の一つとして、漏電火災警報器、漏電火災対応の漏電遮断器等の設置がある。漏電火災警報器の場合、漏電の検出、警報の後、人が原因を取り除くために時間を要する。また、これらは一部の安全装置を除くと、線間短絡（いわゆる負荷と同等の漏電）に対しては殆ど対応できないのが現状である。このような状況から、漏電により有機絶縁物あるいは造営材の一部が炭化し、発火に至る場合が想定される。

供給されるエネルギーと絶縁材料等の炭化・発火については材料の特性に依存するため厳密な検討は困難であるが、線間抵抗 ( $R$ ) に発生するエネルギー ( $E$ ) と線間電圧 ( $V$ : 実効値), 線間電流 ( $I$ : 実効値), そして持続時間 ( $t$ ) との関係は概ね次式で表される。

$$E = I \cdot V \cdot t = V^2 / R \cdot t \text{----- (1)}$$

式 (1) において  $I$  を一定とすると、200V において供給されるエネルギーは 100V の場合の 2 倍になり、 $R$  を一定とすると、4 倍になる。絶縁材料は固有の炭化温度あるいは発火温度を有していることから、原因の除去にかかる時間がこれらの閾値を超えると火災に至ることになる。厳密には、熱の出入り、 $R$  の変化などを考慮する必要があるが、火災の発生は電圧に依存するといえる。特に、韓国の場合、図 1, 3 に示すように、電気火災の発生と昇圧戸数（率）に相関性があることから電圧昇圧の影響があったものと推定される。

## 3. 感電事故

### 3.1 感電事故の推移

日韓の感電事故死傷者推移を図 6 に示す<sup>4, 5, 7)</sup>。日本における感電死亡者数は、1980 年代前半には 100 人を超えていたが、年々減少し、2002 年には 21 人となっている。これは、一般用電気工作物における漏電遮断器の普及率が 1980 年代前半の 40% から近年では 70% に増加したこと、作業現場における漏電遮断器、絶縁用保護具の普及および安全教育等の効果によると考えられる。韓国における感電死亡者数は、日本と同様に年々減少し、1980 年後半の 250 名から 2003 年には 72 名まで減少している。なお、1987 年以前のデータは現在入手できていない。韓国では 1979 年に電気事業法および技術基準を通じて漏電遮断器の設置を義務化していることから、昇圧されたにもかかわらず漏電遮断器の普及にともない感電死亡者が減少したと考えられる。漏電遮断器の普及率と感電死亡者の関係については、今後の検討課題である。両国において、単純に感電死傷者数を比較すると、日本の感電死傷者数が 100~200 名であるのに対し、韓国の死傷者数は 800

～1000名であり（1993年以前のデータは未入手）、大きな差がある。日韓の労働災害における感電死亡者推移を図7に示す<sup>8,9)</sup>。なお、日韓両国とも労働災害保険に適用された人のデータであり、統計組織や分析方法などが図6のデータとは異なることから、図6と図7との直接的な比較は難しい。日本の労働感電死亡者数は、1989年から10年間、30～50人台を推移していたが、最近の5年（1999年から2003年）では、減少の傾向が見られ、2002、2003年には20人以下となった。一方、韓国の労働感電死亡者数は、50～100人台で増減を繰り返してしている。このように、労働災害における感電死亡者数の傾向は、日韓で異なっている。これは、高圧（特高圧）、現場における作業方法、安全対策などの違いが影響していると考えられる。

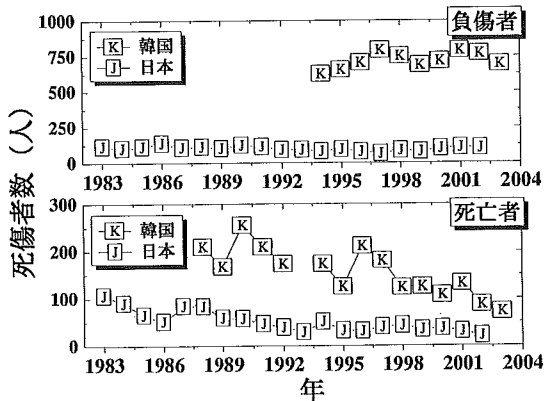


図6 日韓の感電事故死傷者推移

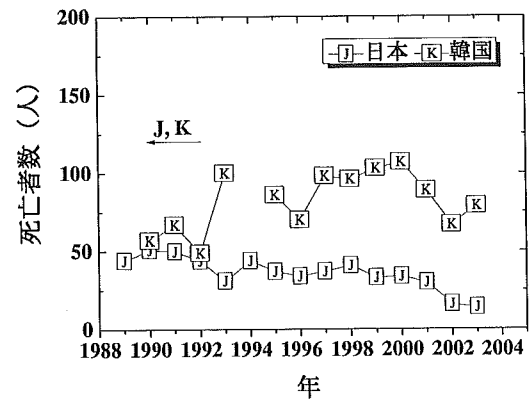


図7 日韓の労働感電死亡者数の推移

#### 4. まとめ

電気火災および感電事故について、100Vが主流である日本と、昇圧化が完了して220Vが主流となった韓国との比較を行い、日本において、配電電圧を昇圧した場合の電気安全について考察した。主な内容は以下の通りである。

- (1) 配電電圧の昇圧の進展と電気火災発生数には相関性が見られる。その主な発生原因は短絡と考えられることから、この点について発生過程の究明と防止対策が重要になる。
- (2) 配電電圧の昇圧の進展と感電による死傷者数には相関性が見られない。これは、漏電遮断器の普及、作業方法の改善などが感電事故の抑制に影響したためと考えられる。
- (3) 昇圧化においては、設備の更新や保守管理が重要となる。老朽化設備を継続して使用する場合は、電気火災および感電事故が発生し易くなるので特に注意が必要である。

#### 謝辞

本研究は厚生労働省の厚生労働科学研究費補助金により実施したものであり、関係各位に謝意を表す。また、韓国のソウル産業大学校 鄭載喜教授および忠北大学校 金斗鉉教授には、まとめるにあたってご助言を頂いたことに感謝する。

#### 参考文献

- 1) 400V受電建築電気設備設計施工マニュアル，電気設備学会（2003年）
- 2) 本山建雄，富田一，崔光石，中田健司：電気事故における日韓の比較，電気設備学会全国大会，pp. 363-366（2005年）
- 3) 火災年報，1983年～2003年版，日本防火研究普及協会
- 4) 電気災害統計分析（韓国）（1983年～1992年度版），韓国電気安全公社
- 5) 電気災害統計分析（韓国）（1995年～2003年度版），韓国電気安全公社
- 6) 統計庁（韓国），火災統計資料（2004年度版）
- 7) 電気保安統計，1984年～2002年度版，原子力安全・保安院電力安全課
- 8) 安全衛生年鑑，平成12年～16年版，中央労働災害防止協会
- 9) 韓国産業安全公団のホームページ

## シリコン加工砂利の抵抗率

○ 坂間 博樹 (関東学院大学大学院工学研究科), 鈴木 幸治((株)グラスノン)

高橋 健彦 (関東学院大学)

Resistivity of Silicon Coated Gravel

Sakama Hiroki

Suzuki kouzi

(Graduate School of Engineering, kanto-gakuin University) (grassnon Co.,Ltd.)

Takahashi Takehiko(kanto-gakuin University)

キーワード:シリコン加工砂利, 抵抗率

## 1. まえがき

液体や粘土のような物体の抵抗率を測定するのは容易であるが, 固体の抵抗率の測定は困難である。そこで, 体積比濃度の原理でシリコン加工砂利(玉砂利)等の抵抗率測定を試みたので以下に報告する。ここで, 物理系では固有抵抗, 比抵抗という表現もあるが, 本稿では抵抗率と表現する。

## 2. 抵抗率測定の原理

測定装置を図1に示す。アクリル製水槽の両端に銅製の電極板(100×100mm)を置き, 商用電源を印加し, 回路電流と電極板の両端の電圧により抵抗を測定する。この抵抗(R)は次式で表される。

$$R = \rho L / A \cdots (1)$$

ここで,  $\rho$ : 水槽の媒質の抵抗率

L: 水槽の長さ

A: 電極板の面積

図1に示した測定装置の寸法を(1)式に代入し, 抵抗率を逆算すると次式になる。

$$\rho = RA / L = 0.05 \cdot R \cdots (2)$$

液体や粘土であれば, 媒質を水槽の中に入れ, 抵抗を測定することで抵抗率が容易に推定できる。しかし, 砂利の場合は隙間が生じるため, 直接的な測定が不可能である。

そこで, 水槽の中に入れる媒質の量を体積比濃度で換算する。体積比濃度( $\gamma$ )の定義は次式による。

$$\gamma = (V_s / V_o) \cdot 100(\%)$$

ここで,  $V_s$ : 媒質の体積

$V_o$ : 水槽の体積

媒質である砂利の体積比濃度が100%になることはあり得ないため, 外挿法によって100%とみなしたときの抵抗率を推定する。

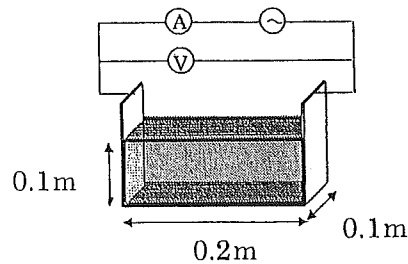


図1 測定装置

## 3. 実験手法の有効性の確認

前述した抵抗率測定の原理の有効性を確認するために媒質として, 砂を用いて実験を行った。

図1に示す測定装置に商用電源(10V)を加え, 水槽に水道水を満たし, 砂を入れた。その際, 水槽からあふれる水(つまり砂の体積)を測定し, あわせて電流を測定し抵抗を求め, (2)式の逆算式により抵抗率を求めた。その結果を図2に示す。ここで, 水槽に乾燥した砂を満したした場合, つまり, 体積比濃度( $\gamma$ )100%の抵抗率を測定した結果,  $7000 \Omega \cdot m$ となった。

図2に示した実験結果より, Mathcad(2001)を用いて指数回帰によるデータ解析を行った。解析を行う際, 砂の抵抗率( $y$ )と体積比濃度( $x$ )の関係は次式のように仮定した。

$$y = ae^{bx} + c \cdots (3)$$

解析した結果, 次の定数となった。

$$a = 4.36 \times 10^{-3}, \quad b = 0.14, \quad c = 58$$

ちなみに, 体積比濃度  $x = 0$  の場合は,  $y = c = 58$  となり, 水槽の水の抵抗率となる。また, 体積比濃度  $x = 100$  の場合は,  $y = 7000$  となり, 砂の抵抗率となる。

4. 測定結果

シリコン加工砂利とはシリコン溶剤を普通の砂利に焼付けたもので、撥水性、非保水性に優れた砂利である。

前述したように、実験方法の有効性を確認し、砂の場合の抵抗率と体積比濃度の関係式を見出した。そこで、3と同様な方法で砂利とシリコン加工砂利の抵抗率を推定する実験を行った。測定結果を図2に示す。

砂利やシリコン加工砂利の場合は隙間が生じるため、体積比濃度が60%程度である。そこで、砂の場合の実験式を参考にして、指数回帰曲線の定数aを推定した。ここで、(3)式のb、cは一定とした。

まず、砂利の場合の体積比濃度60%のときの抵抗率  $111 \Omega \cdot m$  をもとにaを求めると  $a=0.010$  となった。同様にシリコン加工の場合の体積比濃度60%のときの抵抗率  $137 \Omega \cdot m$  をもとにaを求めると  $a=0.015$  となった。

これらの作業によって砂利とシリコン加工砂利の実験式の定数を求めることができた。まとめて表1に表す。

5. 抵抗率の推定

砂利やシリコン加工砂利の場合は、体積比濃度100%にはなりえない。そこで(3)式に示した、実験式を用い、外挿法によって体積比濃度100%、つまりそれ自体の抵抗率を推定することにした。

(3)式において、 $x=100$ として表1に示した定数を代入すると、砂利は  $16000 \Omega \cdot m$  となり、シリコン加工砂利は  $24000 \Omega \cdot m$  となった。つまり、これらの値が抵抗率である。

6. 砂利、シリコン加工砂利の含水特性

図1に示した測定装置に水道水を満たし、抵抗率の経時変化、つまり含水特性をみた。結果を図3に示す。

砂利の場合は、水を含み抵抗率が減少する傾向を示したが、シリコン加工砂利は水を含まず、抵抗率が一定である。

7. あとがき

本稿で述べた実験によって、以下の知見が得られた。

1) 普通の砂利の初期抵抗率は  $16000 \Omega \cdot m$  であるが水分を含むことによって、約20%の抵抗率の減少がみられた。

2) シリコン加工砂利の初期抵抗率は  $24000 \Omega \cdot m$  であり、撥水性があるため、抵抗率の減少はみられない。

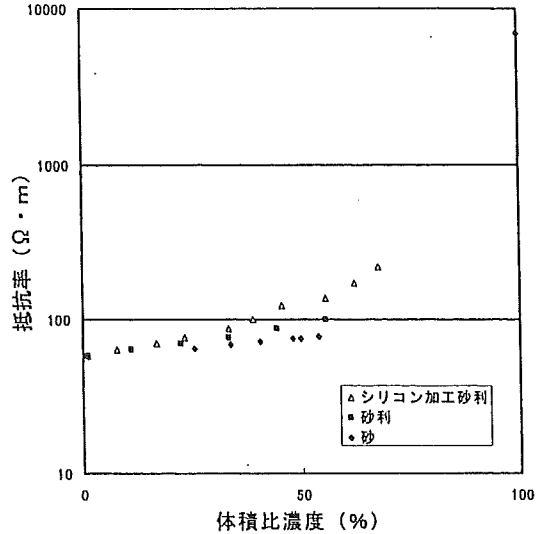


図2 シリコン加工砂利，砂利，砂の抵抗率比較

表1 実験式の定数

	a	b	c
砂利	0.010	0.143	58
シリコン加工砂利	0.015	0.143	58

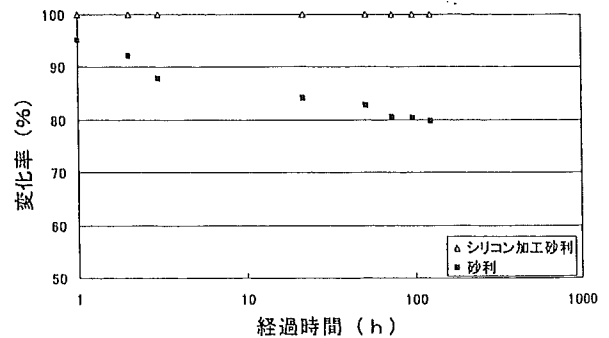


図3 砂利，シリコン加工砂利の含水特性

8. 今後の課題

変電所等では人体に印加される歩幅、接触電圧を低減するため砂利を敷くことがある。今後、砂、砂利等を用いた歩幅・接触電圧低減についてのモデル実験を行うつもりである。

本研究は、平成17年度厚生労働科学研究費補助を受けていることを付記する。

参考文献

1) 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 Vol24, No.4, pp.296~301, 2004年

# 感電災害事例の分析

冨田一（労働安全衛生総合研究所）

Case Study of Electric Shock Accidents  
Hajime Tomita (Japan National Institute of Safety and Health)

キーワード：感電災害，分析，リスク，ハザード

## 1. はじめに

電気災害防止には、IEC60364, NFPA70E 等の規格が定められており、我が国では電気用品安全法、労働安全衛生法、電気設備技術基準等によって災害防止が図られているところである。現在の我が国の使用電圧は一般的には 100V であるが、世界的には 200V が主流になっており、我が国でも将来円滑に 200V への昇圧化を進めるためには、予め対応を検討しておく必要がある。

ここでは昇圧化の円滑な対応の参考として、感電災害の発生要因を中央労働災害防止協会安全衛生情報センターの感電災害事例 78 件を基に分析した。

## 2. 作業別感電災害の分類と要因分析

ここでは感電災害を表 1 の作業別に分類した。

表 1 作業別分類

作業	作業内容
溶接作業	交流アーク溶接機を使用した溶接作業
保守, 点検作業	キュービクル, 電気室, 変電設備等の保守, 点検作業
修理作業	電気機器, 天井クレーン, 引き込み線, 製造装置等の修理に伴う作業
電気関連作業, その他	ケーブルの接続作業, 製品の研磨作業, 送配電線の塗装等の作業

これらの作業別に災害発生現場におけるハザード、実行された対策以外に必要な感電防止対策を分析した。

### 2.1 溶接作業

図 1 には事業場の規模別の発生件数を示す。事業規模が 1~4 人, 5~15 人の比較的小規模の事業場が多いことが分かる。表 2 には災害要因が漏電, 機器の損傷等ハード的な要因による発生件数を示す。6 件のうち溶接棒ホルダーの損傷が 5 件であり, 1 件が電防装置の不良であった。

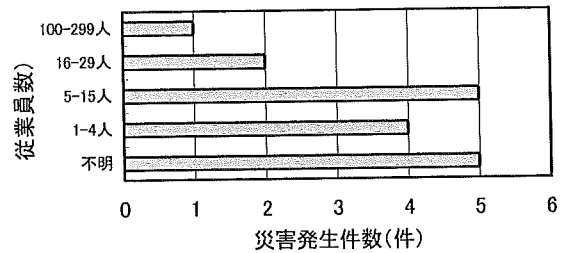


図 1 溶接作業感電での事業場規模と件数

災害発生現場について、感電災害を引き起こす要因であるハザードを図 2 に示す。作業環境が高温であったり、狭隘な場所は感電災害を引き起こす要因であることが分かる。高温であれば作業者の発汗のために人体抵抗が低下して、感電危険性が増大する。また狭隘な場所であれば、誤って人体が溶接棒に接触した場合に人体が接地体に接触する可能性が増大することとなる。

次に災害発生現場について、実際に実行された対策以外に感電災害防止のリスク低減のために行うことが必要な対策を図 3 に示す。これは実際の現場においては交流アーク溶接器用自動電撃防止装置（以下、電防装置という）が取り付けられて

表 2 作業別の災害発生件数と機械的要因

作業	発生件数	漏電, 機器の損傷等の要因による災害発生件数
溶接作業	17	6 (溶接棒ホルダーの損傷 5 件, 電防装置の不良 1 件)
保守, 点検作業	16	0
修理作業	12	0
電気関連作業, その他	33	8 (漏電 7 件, 漏電遮断器不良 1 件)

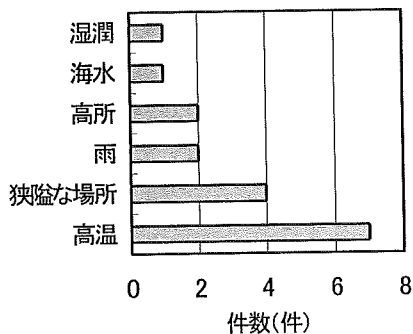


図2 溶接作業でのハザード

いないアーク溶接機が使用されていたり、感電防止のための安全管理体制が確立していないケースも見られたことによる。

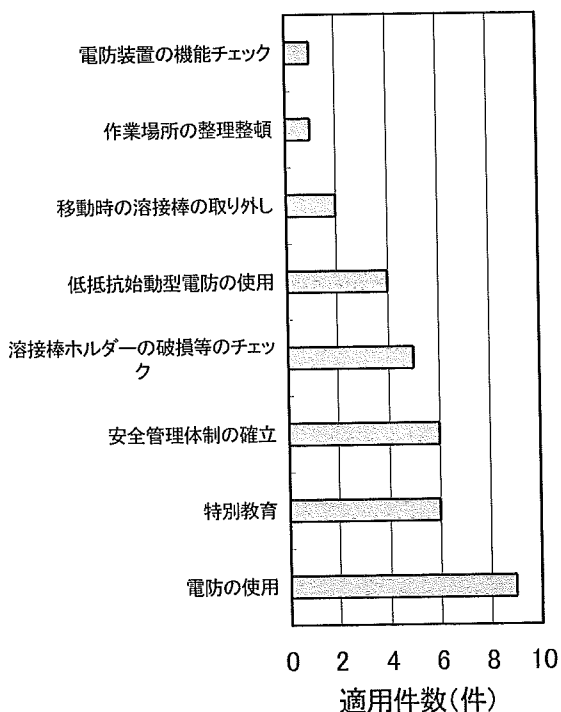


図3 リスク低減のための方策

## 2.2 保守, 点検作業

事業場の規模別の保守, 点検作業での感電災害発生件数を図4に示す。溶接作業の場合に比較して30~99人, 300~99人と従業員数の多い事業場での災害が多い。

これらの災害発生現場については、ハード的な損傷等による災害は無かったが、ハザードとしては作業が保守, 点検ということもあり受変電設備

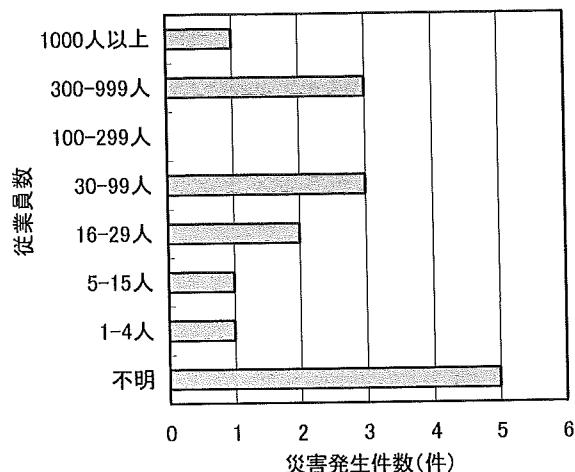


図4 保守, 点検作業での感電災害発生事業場の規模と災害発生件数

が主であった(図5)。実際に実行された対策以外に感電災害防止のリスク低減のために行うことが必要な対策を図6に示す。

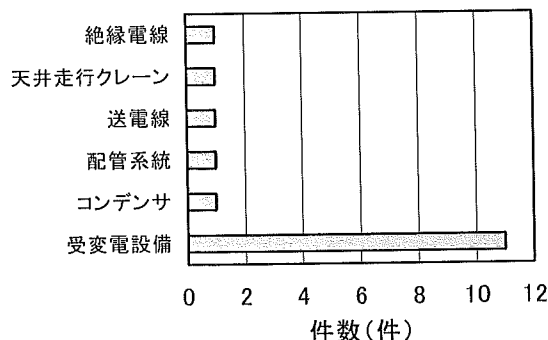


図5 保守, 点検作業でのハザード

絶縁用保護具の着用, 停電作業の確認, 安全な作業手順書の作成が主なものであった。図6の対策は一般的なものであるが、災害発生現場においてはそのような基本的な対策がなされていない状況であった。

## 2.3 修理作業

図7には事業場の規模別の発生件数を示す。災害発生が特定の事業規模に偏る傾向は見られない。また災害発生現場においては使用される機器等のハード的な問題は見られなかった。

これらの災害発生現場におけるハザードを図8に示す。修理業務が多様であることからハザード

ドも多岐にわたっている。修理に関わるため、修理機器の対象自身が感電災害を誘引する可能性がある。

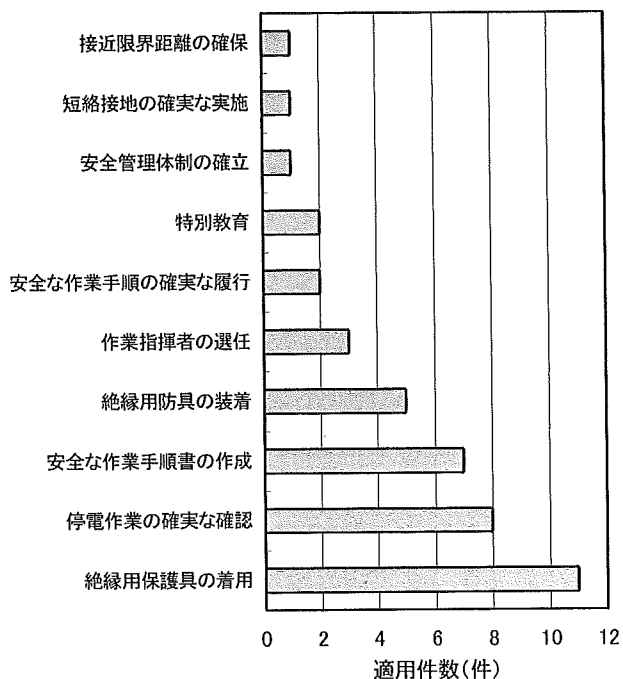


図6 リスク低減のための方策

また実際に実行された対策以外に感電災害防止のリスク低減のために行うことが必要な対策を図9に示す。

修理作業では活線作業となることが多いものの、絶縁用保護具の着用無しに作業されることもあったため、リスク低減には絶縁用保護具の着用、安全な作業手順書の作成と作業手順の遵守といった基本的な課題がみられた。

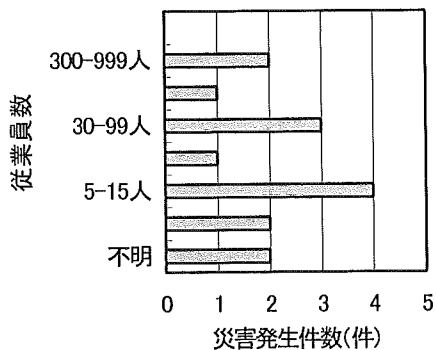


図7 修理作業での感電災害発生事業場の規模と災生件数

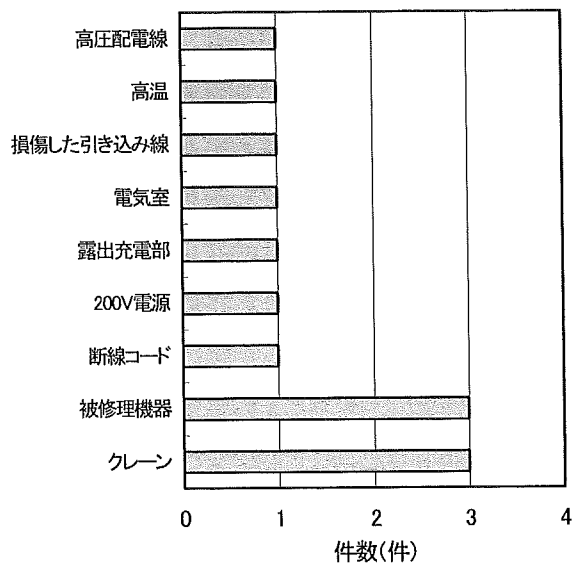


図8 修理作業でのハザード

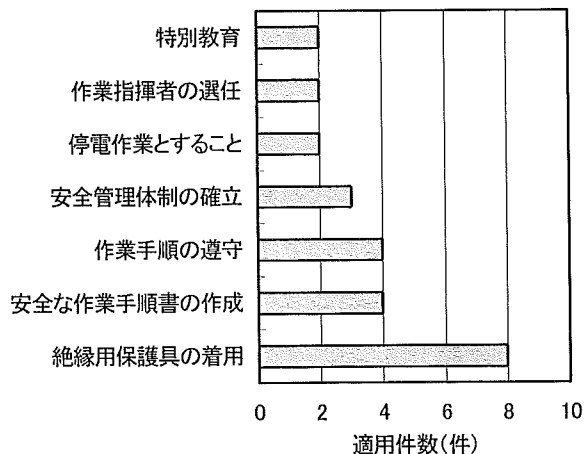


図9 リスク低減のための方策

## 2.4 電気関連作業、その他

電動工具を使用した作業などの電気関連作業、その他で感電災害が発生した事業場の規模別発生件数を図10に示す。従業員300人未満の事業場で発生している。

これらの災害発生現場におけるハードの損傷等としては、使用される電動工具等の漏電が7件で主であり、漏電遮断器の不良も1件みられた。

これらの災害発生現場におけるハザードを図11に示す。送電線が多いが、これは送電線近くで移動式クレーン等を使用しての作業による。またモーター、グラインダー等の電気機器を使用した

作業については、機器の漏電等が感電災害を誘発する要因となっている。

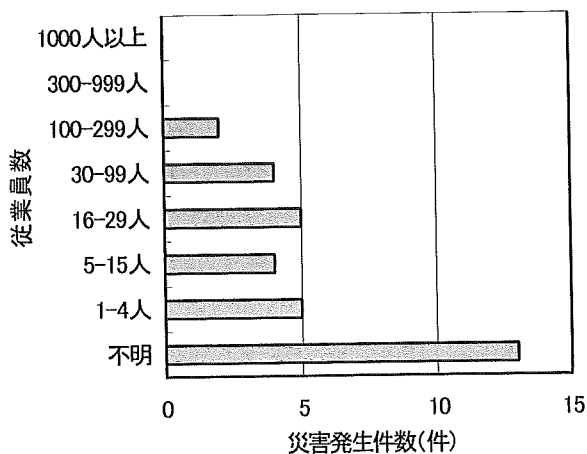


図10 電機関連作業, その他での感電災害発生事業場の規模と災生件数

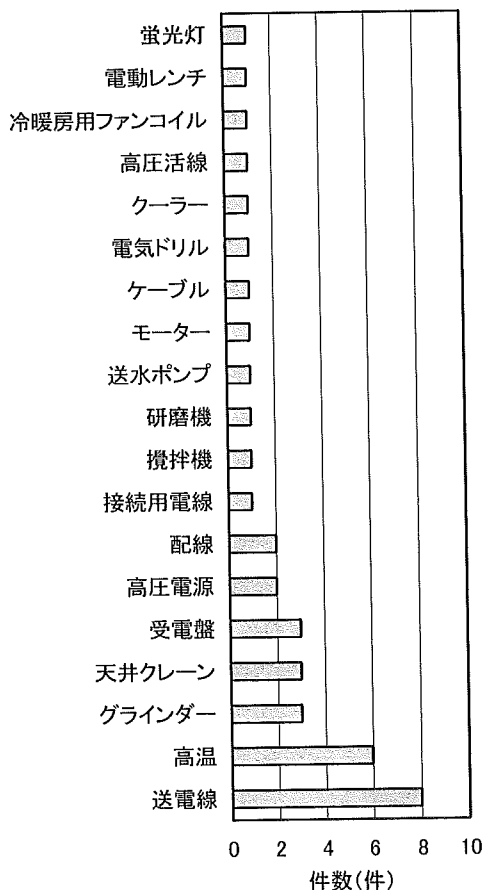


図11 電気関連作業, その他でのハザード

これらの災害発生現場において、感電災害のリスクを低減するためにさらに必要な対策を図12に示す。件数が多かったものとしては、充電部に

対して絶縁用防具を装着することと作業者が適切な絶縁用保護具を着用することがいずれも10件で、次いで接近限界距離を確保すること、使用する機器の絶縁状況のチェック、漏電遮断器を設置することが、それぞれ6件であった。

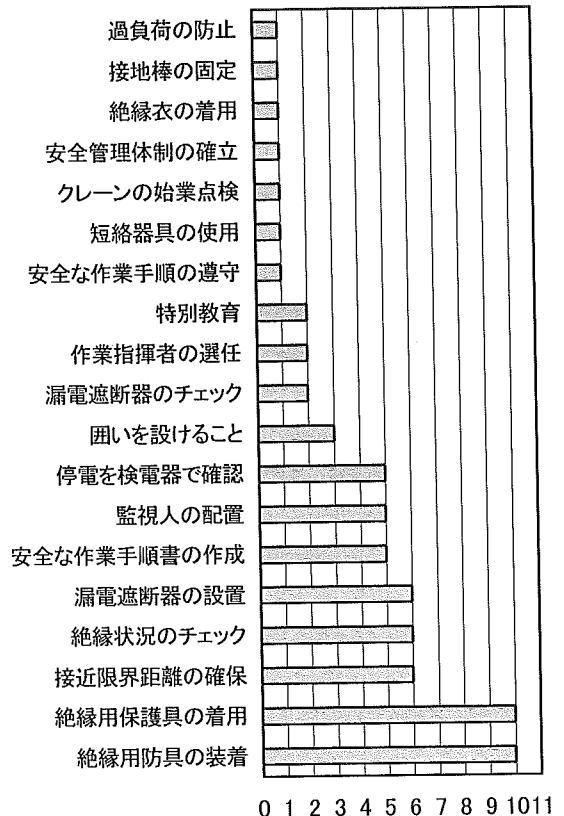


図12 リスク低減のための方策

### 3. むすび

日本において100Vから200Vへの円滑な昇圧化の参考資料収集を目的に、感電災害の事例分析を行った。その結果、感電災害の可能性のある電気関係の作業においては、作業に先立ってリスク分析によって、適切な感電防止対策を講じることの重要性が改めて明らかとなった。感電災害が発生した現場については、機器等に問題があったケースは比較的少なく基本的な感電防止対策に不備がみられたケースが多かったことから、基本的対策を適切に作業現場で実行できるような安全管理体制の確立を図ることが重要と考えられる。

#### 参考文献

- 1) 中央労働災害防止協会安全衛生情報センター <http://www.jaish.gr.jp/jirei/jirei01.html>



# 医療機器の接地システム

Earthing System for Medical Electrical Equipment



たか はし たけ ひこ  
高橋 健彦\*

キーワード：保安用接地，機能用接地，雷保護用接地，等電位ボンディング

## 1. まえがき

近年、医療技術の高度化に伴い、様々な医療機器(本稿ではME機器と称する)が普及し、高度医療ツールとして使われてきている。これらのME機器の安全確保は医療従事者の最大の関心事であり、そのため、病院電気設備は安全のための環境を整備する必要がある。

ME機器には、X線装置、MRI装置のような大型なものから、医用電子機器などの小型のものまで多種多様にある。これらの機器の絶縁が劣化した場合、感電死(医療分野ではマクロショックと称す)する危険性がある。さらに、心臓外科手術においてカテーテルを体内に挿入、接触する場合、微小な電流( $\mu\text{A}$ のオーダー)で心室細動が発生して感電死(マイクロショックと称す)する危険性もある。これらの感電を防止するためには接地、等電位ボンディングという対策を施す必要がある。

一方、病院の雷保護(特に内部雷保護)対策も重要な関心事である。ME機器の大部分はコンピュータが内蔵され、エレクトロニクスされている。これらの機器の電源系統、データ伝送系統に雷サージが侵入した場合、機器の破壊、誤動作、ノイズ発生などの障害が生じる。これらの障害は一つの建築物を対象としているが、敷地内に複数の棟がある場合、落雷による建築物間の電位差により、被害が拡大する事例もある。

これらの被害を防止するためには、やはり接地、等電位ボンディングの対策を磐石にする必要がある。本稿で

は、病院における接地のあり方について述べることにする。

## 2. 医療機器の接地の現状

我が国では、病院電気設備の安全基準(JIS-T-1022)をもとに接地設備の設計・施工を行っている。一方、IECでは医用電気機器の安全通則(IEC 60601-1)が制定されている。本稿では、JIS-T-1022における接地の現状を紹介する。接地方式の適用の考え方を表-1に示す。

### 2.1 接地の形態

医用室において、商用電源によって電力供給が行われている場合、大別して医用接地方式と非接地配線方式に分類される。我が国の配線は一般的には接地方式であり、地絡事故などの場合、漏電遮断器によって電源を遮断して感電保護が行われている。ところが、病院において、手術室や生命維持装置の電源は遮断することによって人命に影響を与えることがある。このような場合は非接地配線方式を採用し、地絡電流を制限(2mA以下)し、電源を遮断することを禁止している。そのかわり、地絡していることを警報する絶縁監視装置を装置することになっている。

表-1に示すように、非接地配線方式を採用する医用室はカテゴリーI、IIに限定している。これらの保護手段をまとめて表-2に示す。

### 2.2 医用接地方式の種類

医用接地方式には、保護接地と等電位接地(IEC規格では等電位ボンディングという)がある。保護接地は地絡事故があった場合、電源を自動遮断するための、例えば漏電遮断器を併用して感電保護を行っている。

等電位接地は、いわゆる等電位ボンディングと同義語であり、電位差をなくして等電位とする目的で施されている。表-1におけるカテゴリーIの場合、心臓カテーテル

\* 関東学院大学工学部教授

昭和22年生まれ。工学博士(東京大学)、電気安全(感電、火災、雷)、電磁環境、接地の研究に従事。(財)電気設備学会理事、(財)建築設備技術者協会理事・副会長、NPO雷保護システム普及協会理事、(財)日本工学会評議員、(財)関東電気保安協会評議員、(財)日本法科学学会評議員。

表-1 接地方式の適用 (JIS-T-1022 抜粋, 追記)

カテゴリー A: 電極を心臓付近に挿入, 接触する処置の場合  
 カテゴリー B: 電極を心臓以外の体内に挿入する処理の場合  
 カテゴリー C: 電極を体内以外に挿入する処理の場合  
 カテゴリー D: 電極を使用しない場合

カテゴリー	医用室 <sup>2)</sup>	医用接地方式		非接地配線方式
		保護接地	等電位接地	
I	心臓外科手術室	○	○	○
	心臓外科以外の手術室	○	○	○
	ICU (集中治療室)	○	○	○
	CCU (冠状動脈疾患集中治療室)	○	○	○
	NICU (新生児集中治療室)	○	○	○
	心臓カテーテル室	○	○	○
II	HCU (準集中治療室)	○	△	○
	リハビリ室 (回復室)	○	△	○
	人工透析室	○	△	○
	LDR (陣痛・分娩 (娩)・回復室)	○	△	○
III	救急処置室	○	△	△
	無菌病室	○	△	△
	分娩 (娩) 室	○	△	△
	陣痛室	○	△	△
	作業療法室	○	△	△
	理学療法室	○	△	△
	観察室	○	△	△
	生理検査室	○	△	△
	病理検査室	○	△	△
	検体検査室	○	△	△
	X線検査室	○	△	△
	内視鏡室	○	△	△
IV	診察室	○	×	×
	一般病室	○	×	×

備考 記号の意味は, 次のとおりとする。  
 ○: 設けなければならない  
 △: 必要に応じて設ける  
 ×: 設けなくてよい

表-2 配線方式と保護手段

配線方式	電源の形態用途	保護手段
接地配線方式	変圧器 一般医用室	保護接地, 等電位接地 (ボンディング)
非接地配線方式	絶縁変圧器 手術室 生命維持装置	絶縁監視装置による警報 (表示灯・音管)

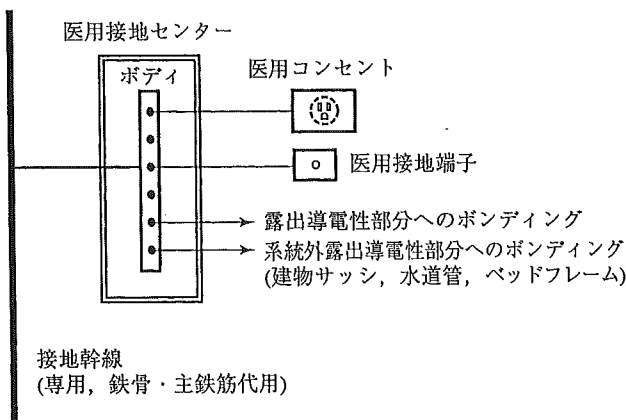


図-1 医用接地方式の構成

検査では電極が体内に挿入されており, 患者の周囲にある露出導電性部分 (例えば ME 機器), 系統外露出導電性部分 (例えばベットフレーム) の間に電位差が生じた場合, 患者がそれらに触れたとき, 電位差と抵抗の関係で電流が流れ感

電 (マイクロショック) することが予想される。そこで, 電位差を零ボルトにするため, それらをボンディングするわけである。表-1 に示すように, この方式は病院のすべての医用室が対象となる。

医用接地方式は, 保護接地と等電位接地を満足するために図-1 に示す構成で施工されている。

### 3. 人体の感電特性

感電保護 (本稿ではマクロショックの範囲をいう) を行う場合, 最も重要な指標は感電電流である。感電電流には大別して, 感知電流, 不随意電流, 心室細動電流の 3 種類ある。人体に電流が流れても, ただ感知するだけであれば不快感に残るものの死亡することはない。問題となるのは, 人体に電流が流れて, 呼吸困難や筋肉収縮によって体の自由がきかなくなって二次災害を引き起こす場合や, 心室細動によって心臓が停止して死亡する場合である。

#### 3.1 感電電流の種類

感電電流を評価するには, (a)人体を通過する電流の大きさ, (b)通過する時間, (c)通過する電流経路, (d)直流, 交流の区別, (e)周波数及び波形, (f)接触電圧, (g)皮膚の乾燥状態など様々な項目がある。

感電電流には, 次に示す 3 種類がある。

- ① 「感知電流」: 手を対象にした場合, 指先に「ビリッ」あるいは「ちくちく」と感じる程度の電流の大きさをいう。交流電流 (50 Hz/60 Hz) で 0.5~2 mA の範囲であるといわれている。
- ② 「不随意電流 (離脱限界電流)」: 感知電流よりも大きな電流で指先から腕に移り, 手あるいは腕の筋肉が収縮, けいれんを起こし, 「ビリビリ」あるいは「じくじく」する苦痛を伴う電流であり, 自分の意思で手を放せなくなってしまう。手を放せない状態が長時間続くと呼吸が苦しくなり, 意識がなくなってしまうことがある。交流電流で, 短時間の場合, 10~15 mA 程度といわれている。
- ③ 「心室細動電流」: 感電死する電流である。

#### 3.2 感電のメカニズム

生体の心臓は, 図-2 に示すような波形の電気信号を自身で発生させている。同図はその基本形である。これらの P, R, T の波頭をもつ信号により, 心筋の弛緩や収縮が行われ, 周期約 0.7 秒で規則正しく働き, 血液を体内に循環させている。

ところが, 外部から体内に, ある大きさの電流が流れると同図に示すように心臓から発生する信号を乱して規則正しいポンプ作用を営むことが不可能になってくる。すなわ

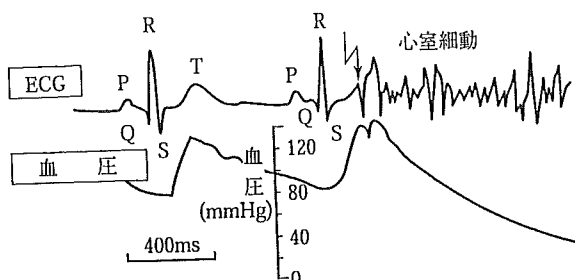


図-2 心室細動の発生と血圧の低下

ち、心筋のコントロール信号を乱し、心筋の振動が発生する。この振動を心室細動という。その結果、血圧が低下し、死に至るわけである。

### 3.3 感電電流の安全限界

IEC(国際電気標準会議)の中に組織されているTC64(電気設備と感電保護)では、1969年以来今日まで建築電気設備にかかわる様々な内容について審議している。特に、感電保護対策の基本的資料として“人体を通過する電流の影響”と題した刊行物(Publ.60479)を1974年に出版している。その中に、感電電流の安全限界(生理学的限界)の曲線がある。それを図-3に示す。同図に示したグラフは感電電流(心室細動電流)と作用時間の関係を感じ電の危険度に応じ、大別して四つの曲線と五つの領域に分けている。

これらの曲線のうち、最も重要なC曲線は世界的な感電に関する研究者であるビーゲルマイヤー博士の成果に基づいている。彼はオーストリアのウィーンに在住し、今でも現役で多くの研究成果を発表している。筆者は実験データについて討論するために、ときどき彼に会っている。

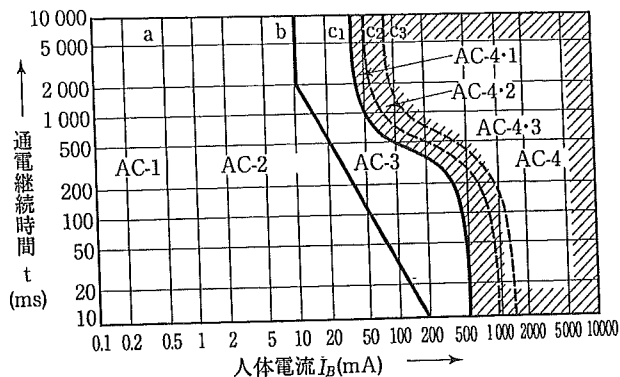
ビーゲルマイヤーもケッペン(独)、ダルジール(米)と同様に動物実験でデータを得ているが、特記すべきは、彼自身が被験者になって人体の電気的特性データを取っていることである。筆者はこの実験のビデオを預かっている。実験の様子を写真-1に示す。

### 3.4 電流経路による感電電流の安全限界

図-3に示した電流値は、電流の通過する経路が左手と両足間の場合であったが、実際にはそれ以外の経路における電流も考える必要がある。その場合には、心臓電流係数Fを導入した感電電流  $I_b = I/F$  で評価することができる。ここで、Iは心室細動電流(図-3)、Fは心臓電流係数(表-3)である。

## 4. 病院における接地・等電位ボンディングの役割

近年の医療技術の進展により、多種多様なME機器が病院に導入されている。これらの機器には感電防止のための保安用接地を必要とする。また、大型ME機器には運転制



領域	生理学的影響
AC-1(直線 a)	通常では、反応はなし。
AC-2(直線 a~直線 b)	通常では、有害な生理学的影響はなし。
AC-3(直線 b~曲線 c1)	通常では、想定される器官傷害はなし。電流が2秒より長く持続する場合、けいれん性の筋収縮や呼吸困難の可能性がある。電流値と時間の増加に伴い、心房細動や一時的な心臓停止を含む心臓のインパルスの生成と伝導の回復可能な乱れが心室細動なしに起こる。
AC-4(曲線 c1~)	電流値と時間の増加に伴い心臓停止、呼吸停止及び重度のやけどなど危険な病態生理学的影響が領域3の影響に加えて起こる可能性がある。
AC-4.1(c1~c2)	心室細動の確率が約5%までに増大。
AC-4.2(c2~c3)	心室細動の確率が約50%以下。
AC-4.3(c3~)	心室細動の確率が約50%超過。

図-3 感電電流(15~100 Hz)の生理学的影響(IEC 60479)  
(大人、左手から両足の電流経路の場合)

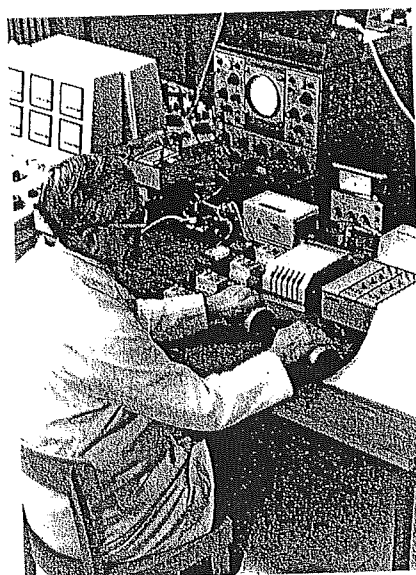


写真-1 ビーゲルマイヤー博士の実験の様子

御するためのコンピュータが用いられており、コンピュータが正常に稼動するための機能用の接地も必要とされる。さらに、病院の建築物には雷保護が施されており、そのための接地も必要である。

表-3 電流経路を考慮した心臓電流係数及び感電電流 (IEC 60479)

電流経路	心臓電流係数 F	感電電流 $I_b$ (図-3)
左手と左足, 右足又は両足	1.0	$I_b$
両手と両足	1.0	$I_b$
左手と右手	0.4	$2.5 \cdot I_b$
右手と左足, 右足又は両足	0.8	$1.25 \cdot I_b$
背中と右手	0.3	$3.33 \cdot I_b$
背中と左手	0.7	$1.43 \cdot I_b$
胸と右手	1.3	$0.77 \cdot I_b$
胸と左手	1.5	$0.67 \cdot I_b$
尻と左手, 右手又は両手	0.7	$1.43 \cdot I_b$
左足と右足	(0.04)	( $250 \cdot I_b$ )

一方、建築物を構成する系統外導電性部分と ME 機器の電位を同じにする等電位接地 (IEC 規格では等電位ボンディングという) も必要である。この対象は低圧電路設備, 情報通信設備, 雷保護設備であり, 上述の接地と同様に重要な技術である。ここでは, それらの種類と役割について述べる。詳細は文献 2), 3) を参照されたい。

#### 4.1 接地の役割

##### (1) 保安用接地

保安用接地は, 人間及び電気設備機器の安全を確保するための接地であり, 古くから実用に供している。この接地系には地絡事故や雷撃があった場合に, 接地極を介して接地電流が大地に流れ, 電位上昇が抑制され接地の役割を果たす。

##### (2) 機能用接地

多種多様なエレクトロニクス機器が建築物内に導入されており, 電磁的な環境整備が大きな関心事である。このような状況において, 機能用接地はエレクトロニクス機器の安定な稼働を確保するためのものであり, 必要不可欠な接地技術になってきた。この接地系には接地電流が常に流れている。

大地もある種の電気抵抗をもっており, 電流が流れれば, そこには電位差 (残留電位) が存在する。大地に限らず, 鉄骨造の建築物の構造体にも, エレクトロニクス機器相互間, あるいはコンセント間にも電位差が存在する。

強電機器を対象とした場合, 大地を電位の基準点と見なして十分である。しかし, エレクトロニクス機器の場合, 接地系に流れる電流の周波数にも関係するが, 微弱な電位の変動でさえ誤動作の原因となる。そこで, 基準電位を確保するために, 建築物の空間において人工的な基準電位面を設ける必要がある。

##### (3) 雷保護用接地

雷保護には, 建築物を守る外部雷保護と建築物内に導入されているエレクトロニクス機器を守る内部雷保護がある。外部雷保護の接地は雷電流を大地に放流するためのターミ

ナルの役割を果たし, 電位上昇を抑制する。

一方, 内部雷保護はエレクトロニクス機器の過電圧保護であり, それを実現するためには EMC, 等電位ボンディング, 雷サージ防護デバイス (SPD) などの技術を必要とし, EMC 接地, SPD の接地方法などが問題となる。それらのうち, 特に SPD を正常に稼働させるためには良好な接地が必要である。

#### (4) 接地の共生

前述したように, 接地は保安用接地 (雷保護接地を含む) と機能用接地とに大分類される。ここで, 接地の形態を考えてみると, 保安用接地は主として接地極による大地の電位上昇にかかわりがある。一方, 機能用接地も一部は大地を対象にしているが, エレクトロニクス化された機器・設備に対する電位変動をなくすために建築物の空間を対象にしている。

このように, 大地を対象にしている接地と建築物の空間を対象にしている接地があり, これら両者の良好な共生関係を構築するのが接地システムである。

建築物には, 電力・情報・通信・エレクトロニクス機器など多種多様な設備機器が導入されており, これらの機器の接地の目的も様々である。このような環境において, 接地線に流れる高周波電流によるインピーダンス, つまり接地系の周波数特性, 雷サージに起因する電磁環境の問題, 電力系・信号系の接地線の布設形態の問題などが顕在化している。

このような諸問題に対処するためには, 機能用接地を主体とした接地システムの構築が必要不可欠である。それには従来からの接地の考え方から脱却して, 等電位ボンディング, EMC の思想を取り入れた新しい接地システムの概念を導入することが肝要である。

#### 4.2 等電位ボンディングの役割

##### (1) 等電位ボンディングとは

等電位ボンディングは, 建築物空間における金属導体の“つなぎ”であり, それによって電位を同じにする, つまり等電位化を図ることを目的に施工されるものである。等電位化を図ることで, 例えば接触電圧を低減することができ, 安全限界値以下に抑えられる。ここで, 場合によっては, 電位差を完全にゼロにすることができないこともあるが, 数 mV の範囲であれば, ボンディングすることで等電位化を実現できたと見なすことがある。

このように等電位化も役割の一つであるが, ボンディングすることで 1 点に集中した電位の基準点を与えることができ, これも重要な役割である。

等電位ボンディングと接地を同義語のように扱うことが

あるが、これは厳密には異なる。接地は大地を対象にしており、ボンディングは建築空間を対象にしている。ただし、ボンディングによって1点にまとめたものを接地することもあるが、意図的に大地に接続しない、非接地とする場合もある。

## (2) 等電位ボンディングの種類

ボンディングの対象は、大別して、低圧電路、情報・通信設備及び雷保護設備に係ってくる。

低圧電路設備においては、保護用等電位ボンディング、情報・通信設備においては機能用等電位ボンディングがある。特に過電圧保護に関しては、SPDと併用することで等電位化が実現される。

一方、雷保護設備においては雷保護用等電位ボンディングがあり、これも過電圧保護に密接に関係するもので、建築物の外部から引込まれる導電性部材、建築物の構成部材である鉄骨・鉄筋、建築物内部の導電性部材をすべてボンディングすることで建築物内部の等電位化を図るものである。

これらの共通の目的は、等電位化を図ることであるが、等電位ボンディングの役割を求めると、表-4のようになる。当然のことであるが、これらの役割は独立事象ではなく、お互いに密接に関係することはいうまでもない。

## (3) 接地と等電位ボンディングの関係

我が国において、従前から基準・規格に等電位ボンディングの用語は供用していない。その理由の一つには、ただ等電位ボンディングの用語を定義してこなかっただけで、その概念は従前から存在していた。つまり、すべて接地という用語で等電位ボンディングを包括していたと思われる。一例を示すと、建築物空間において、本来は「等電位ボンディングを施す」という趣旨であるのに、「接地につなぐ、接地におとす」という技術的ないい方で設計・施工してきたにすぎない。

もう一つの理由としては、我が国では低圧電路にTT方式の接地システムを採用してきているためであろう。周知のように、TT方式においては感電保護対策として、保護接地方式、漏電遮断方式などがあり、これらは、接地極に流れる地絡電流をもとに接触電圧を指標として実行している。電路設備には等電位ボンディングを必要としない。

それに対して、ヨーロッパなどで採用されているTN方式においては、機器接地の代わりにPE導体、PEN導体を用いており、地絡事故は短絡事故と見なされ、この電流を過電流遮断器で保護している。電流による建築物空間のあらゆる場所で接触電圧が発生すると危険なため、電流を流しやすくするためにすべてをボンディングするわけである。そのため等電位ボンディングが必要不可欠になる。TT方式とは全く保護の思想が異なる。

表-4 等電位ボンディングの役割

種類	等電位ボンディングの役割
保護用等電位ボンディング	主として感電保護
機能用等電位ボンディング	主として機能保証、電位の基準点の確保、EMC対策
雷保護用等電位ボンディング	主として雷過電圧保護、火花放電の防止、EMC対策

## 5. 病院における雷保護対策の必要性

平成14年8月、栃木県にある病院に落雷があり、大きな被害があった。この病院は広い敷地に病棟、研究棟などの建築物が分散して建設されており、これらの建築物相互間は電力線、情報通信線などの導体でつながっていた。一つの棟に落雷があり、それがほかの棟に波及して大きな被害になったようである。同様なケースが東京都(平成13年8月)、千葉県(平成14年8月)の病院であった。

このように、病院においては特に雷保護対策が重要である。

### 5.1 建築物のファラデーケージ化

雷に起因する過電圧には、直撃雷電流によって誘起されるもの、架空線によって伝導される雷サージによるものなどがある。

雷保護には、外部雷保護と内部雷保護がある。外部雷保護は受雷部、引下げ導線、接地極の三つの要素で構成される。引下げ導線に雷電流が流れた場合、建築物の外部導電性部材との間で火花放電が発生する可能性がある。これを防ぐためには離隔距離を保つ必要があるが、それに加えて等電位ボンディングを施さなければならない。

内部雷保護は、情報・通信設備の過電圧、EMCに密接に関係し、サージ防護デバイス(SPD)及びボンディング導体によって等電位ボンディングを施さなければならない。

建築物の構成部材である鉄骨(あるいは鉄筋)の三次元の構成は、建築空間の磁界を減少させ、電位差をなくすための自然な電気かご(ファラデーケージ)と見なすことができる。しかしながら、外部雷保護及び内部雷保護を完全に構築するためには図-4に示すように、建築物内にあるすべての金属製導体を意図的にボンディングすることが重要である。

### 5.2 接地の共用化

一つの建築物を対象にした場合、低圧電路設備の保安用接地(ダーティ接地ともいう)、雷保護設備の接地を必要とする。これらを個別に接地すれば、図-5(a)に示すように、大地の電氣的抵抗及び接地極の接地抵抗が存在するために、それぞれの設備相互間に電位差が発生する。これらの接地をまとめて1点接地を施した場合でも、同図(b)に示すように、(a)より小さい電位差が生じる。

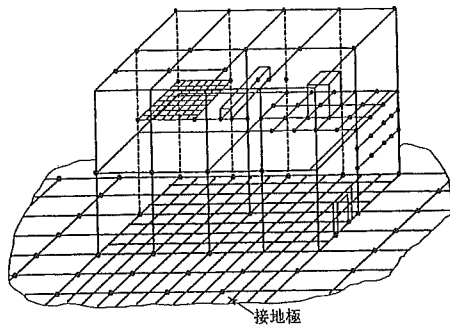


図-4 建築物の電気的かご(ファラデーケージ)の概念

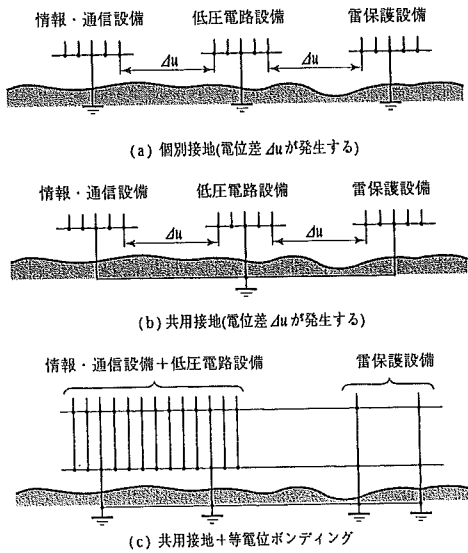


図-5 建築物における設備の等電位ボンディング

そこで、これらの接地に対して、同図(c)に示すように、保安用と機能用のグループと、雷保護用のグループを分けて、それらの接地極相互を等電位ボンディングを施すことによって、電位差が無視できるようになる。ここで、必要ならば建築物の各階層で等電位ボンディングを施すこともある。

### 5.3 建築物の等電位化

大規模な敷地に複数の建築物が林立している場合、個々の建築物には雷保護のための接地(例えば構造体基礎代用接地極、あるいは人工接地極)が施工される。同一敷地内で個々に接地を施工すれば、マクロ的にみればそれらは単独接地と見なされる。建築物相互間は電力線、通信線などの導体でつながれており、雷に起因して当然ながら電位差が発生する可能性をひそんでいる。そこで、敷地全体を等電位にするためにループあるいはメッシュ接地を採用することがある。

図-6に示すように、建築物間を架空線を用いて情報・通信・制御線で結ぶ場合がある。このような状況において、落雷があった場合、過電圧が発生する危険性がある。建築物は鉄骨あるいは鉄筋構造体で完全なファラデーケージ(電気的かご)になっているとすると、建築物から情報・通信・制御線の出口、あるいは入口はファラデー孔(Faraday

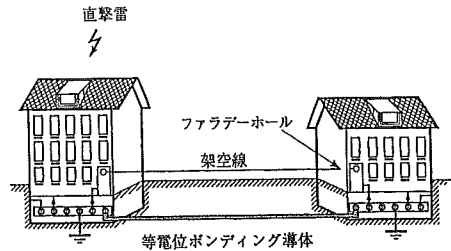


図-6 病棟間における建築物の等電位ボンディング(架空線の場合)

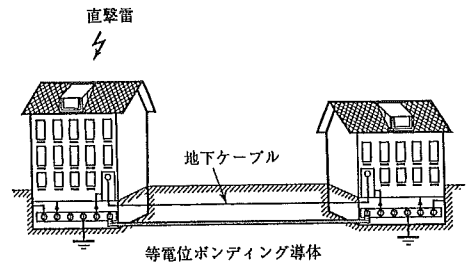


図-7 病棟間における建築物の等電位ボンディング(地下ケーブルの場合)

hole)といわれ、落雷があった場合、建築物の電位が上昇し情報・通信・制御線に過電圧が印加される。

図-7に示すような地下ケーブルで結ばれている場合でも、同様な過電圧が発生する場合がある。

過電圧の発生を防止するためには、相互を建築物間の電位差の等電位ボンディングを施し、等電位化を図る必要がある。

## 6. あとがき

与えられたテーマである“医療機器の接地の考え方”を拡大させて病院における接地の内容としてまとめた。市民が安心して手術や治療に専念するためには、病院における電気設備環境が安全である必要がある。病院関係者はマクロショック、マイクロショックの恐さを十分に認識し、日頃から留意していることであろうが、雷に対してはどうだろうか。

従前は、我が国では“雷災害は天災だからしかたない”という風潮があったが、近年は人災であるという認識が芽生え雷リスクを明確化してマネジメントするという動きが生まれてきた。特に内部雷保護は技術力で十分な対策を施すことが可能である。安心できる環境を構築するために、雷保護の重要性を認識していただきたい。本稿が病院関係者にお役に立てれば幸いである。

### 参考文献

- 1) JIS-T-1022
- 2) 高橋健彦:「図解 接地システム入門」オーム社 2001年
- 3) 高橋健彦:「接地・等電位ボンディング設計の実務知識」オーム社 2003年
- 4) 高橋健彦:「雷と接地の共生」電気設備学会誌, Vol.25, No.2

# 内線規程の改訂に伴う これからの住宅電気設備

前編

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  
IEEJ-TC601(感電保護と電気設備)国内委員会 委員長

2005年10月に内線規程が改訂された。この改訂では、「接地極付コンセントの設置が義務化された」とこと、「住宅分電盤の雷保護装置の装備が推奨された」とことが注目すべき点としてあげられる。ここでは、内線規程の改訂の概要について2回にわたり解説する。今号では、内線規程および前述の二つのトピックスに関する技術的知識について述べ、また次号では、住宅基礎の代用接地極の実用化について解説する。

近年の高度情報化および家庭電化社会の進展、高齢化社会の到来に向け、住宅の電気設備はインテリジェント化、オートメーション化され、ますます高機能化されようとしている。

住宅の電気設備のインフラ整備の一つに、接地設備がある。住宅における接地設備が目ざす理念は、環境性および安全性の向上を高度に実現することである。特に、エレクトロニクス化された機器、設備が多様多様に住宅に導入されてきている現状にあって、この理念を長期にわたって実行していくためには、住宅における感電災害および電磁障害をなくし、接地設備が高い信頼性を持つ必要がある。

2005年10月に内線規程が改訂された。注目すべきトピックスは、接地極付コンセントの設置が義務化されたこと、および住宅分電盤の雷保護装置の装備が推奨されたことである。これらのトピックスの共通点は接地である。従来から、ややもすると住宅の接地技術は置き去りにされてきた感がある。今回の改訂に伴い、これからの住宅の接地設備のあり方については大きな関心事であろう。

そこで、今号では、内線規程について紹介するほか、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に関する技術的知識について述べ、次号では、住宅基礎の代用接地極の実用化について解説する。

## 内線規程とは

### (1) 内線規程の位置づけ

(社)日本電気協会(JEA: Japan Electric Association)は、昭和43年(1968年)に電気設備技術基準(以下、電技)に基づいた需要場所における電気設備の保安の確保を実行するために、電気工作物の設計・施工・維持・検査の規範として「内線規程」が民間自主規程として制定された。

それ以来、電技などの改正、電気技術の進歩や社会ニーズの変化に対応するために、改訂されてきた。平成9年(1997年)には、電技の「省令」(電気設備に関する技術基準を定める省令)の全面改正と「解釈」(電気設備の技術基準の解釈)が制定された。周知のように、この解釈は省令で定める技術的要件を満たすための審査基準として位置づけられている。

内線規程は、電技の省令および解釈に定められている抽象的な表現事項について具体的に解説し、さらに電気保安に基づく電気使用の利便性を考慮した項目についても規定している。

そのため、非常にわかりやすい内容であり、電気設備の分野に従事している技術者の「座右の書」的な規程である。

電技が全面改正された平成9年に、日本電気協会内に日本電気技術規格委員会が発足し、民間規格の評価機関として各団体が自主的に制定する民間規格、基準の承認



などを行っている。この委員会で承認された規格はJESC規格 (Japan Electro-technical Standards and Code Committee) と呼ばれている。なお、同委員会には、各分野ごとに専門部会があり、電気技術規程 (JEAC: Japan Electric Association Code)、電気技術指針 (JEAG: Japan Electric Association Guide) の制定・改訂を行っている。内線規程は、JESC E0005(2005)であり、需要設備専門部会で審議した電気技術規程 JEAC8001-2005の番号が付記されている。

## (2) 改訂の概要

今回の内線規程(第11版)の改訂は、平成12年に実施された改訂以降に発生した電気設備の技術基準の解釈(以下、電技解釈)の改正、各団体からの提案および要望に応えるため、規程内容の見直しや明確化を行ったものである。ここで、電技解釈は第1条から第272条で構成されているが、内線規程において、第272条(IEC60364規格の適用)は適用除外とされている。

改訂の主な事項を以下に示す。詳細は文献(1)を参照されたい。

### ① 接地付コンセント施設に関する改訂

感電災害を防ぐため、回路には漏電遮断器を施設し、漏電遮断器の確実な動作を確保するために接地を必要とする。そのためには、接地極コンセントが有用である。さらに、電気用品の国際整合化に伴い、クラス I 機器の移行の動きもある。

このような状況において、わが国でも接地極付コンセントの普及を進める必要がある。改訂前では勧告的、推

表1 接地極付コンセントの施設概要<sup>(1)</sup>

項	コンセントの種類	従前	改訂後
1	特定機器用コンセント	勧告的事項	義務的事項
2	住宅に施設する200Vコンセント	勧告的事項	義務的事項
3	住宅以外に施設する200V	勧告的事項	勧告的事項
4	屋外や台所などに施設するコンセント	勧告/推奨的事項	勧告的事項
5	医療用電気機械器具用コンセント	推奨的事項	勧告的事項
6	単相3線式分岐配線に用いる100V/200V併用コンセント	—	推奨的事項
7	住宅に施設するコンセント	—	推奨的事項

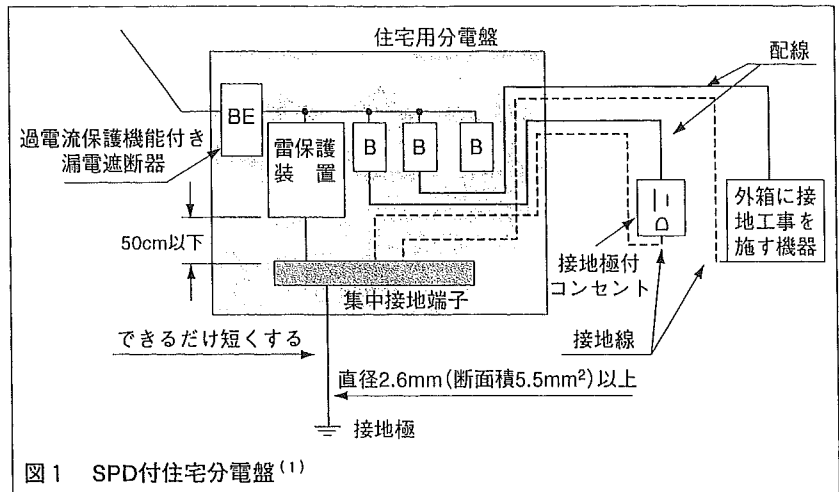


図1 SPD付住宅分電盤<sup>(1)</sup>

進的事項であったが、今回の改訂では表1に示すような見直しを図った。接地付コンセントについては、次の「接地極付コンセント」の項目で詳述する。

### ② 雷保護装置の設置に関する規定の追加

住宅内のエレクトロニクス機器が雷サージによって被害を受ける事例が多くなってきている。雷サージは電力線に伝導する形態で住宅内に侵入する。そこで、雷保護装置(以下、SPD: Surge Protective Devices、雷サージ防護デバイス)を住宅分電盤(図1)に装備することが有用である。そこで、頭記の規定を策定した。これについては、「雷保護機能付住宅分電盤」の項目で詳述する。

### ③ 屋内灯の施設に関する改訂

引掛けシーリングローゼットを用いて照明器具を施設する場合の施設方法について、照明器具の荷重および照明器具からの熱的影響について見直した。

### ④ 電技解釈改正に伴う規定の追加

- 第162条(屋内電路の対地電圧の制限):  
太陽光発電設備の太陽電池モジュールの負荷側の電路の対地電圧150Vを超え450V以下と規定している
- 第171条(分岐回路の施設):  
片寄せ配線を行った単相3線式分岐回路を不平衡負荷の制限から除外することについて規定している
- 第186条(平形保護層工事):  
コンクリート直天井面、壁面に施設する平形保護について規定している
- 第196条(興行場の低圧工事):  
300Vを超える低圧の舞台機構設備の配線条件、フライダクトの材料について規定している
- 第208条(屋内のネオン放電灯工事):  
1,000V以下のネオン放電灯回路を看板の枠内に施設する方法について規定している



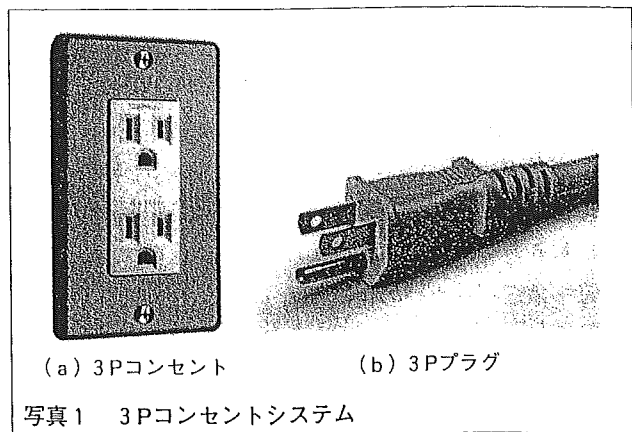
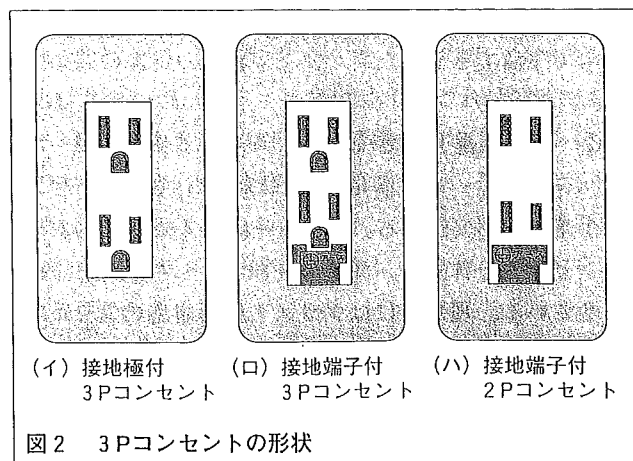
## 接地極付コンセント

接地極付コンセント(以下、3Pコンセント)は電源と接地(アース)を同時に得ることができるコンセントである。欧米では電気設備の常識になっている。わが国でもオフィスビルや病院などで普及しつつあるが、住宅でも、今回の内線規程の改訂に伴い、普及が促進されようとしている。

### (1) 3Pコンセントの形状

3Pコンセントは図2(イ)に示すように、接地極の付いたコンセントであり、対応するプラグを3Pプラグという。コンセントとプラグの組み合わせを3Pコンセントシステムという(写真1)。わが国では、従前から同図(ハ)に示すように、接地端子付のコンセントが普及していた。どちらも役割は同じであるが、後述する家電機器のクラス分類に関係している。

3Pコンセントシステムの特徴は、手でプラグの抜き差しを行うとき、プラグのアースピンが電源用の平刃よりも長いため、つねにプラグが接地されている状態になる。つまり、家電機器の接地が完全な形で実現されている。



るという利点がある。

### (2) 接地を必要とする家電機器

近年は住宅においても、多種多様な家電機器が普及されている。その中で、感電防止を目的とした接地を必要とする機器も多く含まれている。それらは商用電源の電気エネルギーを利用する機器である。さらに、IT機器関連の情報・制御信号として利用する機器も接地を必要とする。住宅における機器をまとめて表2に示す。

### (3) 3Pコンセントシステムの必要性

#### ① PL(製造物責任)法

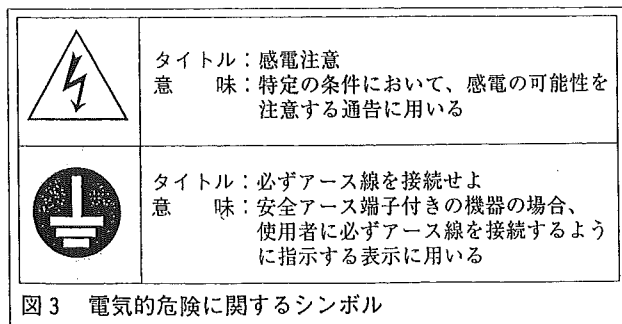
わが国において、従前から住宅においては感電防止のための保安用の接地設備、例えば、電気洗濯機の接地が主体であった。しかし、PL(Product Liability、製造物責任)法が平成7年7月1日に施行されて以来、接地設備のあり方が大きな課題になってきている。このPL法は、わが国では画期的な法律であり、企業および国民にとっては大きな関心事になっている。

PL法に対するメーカーのアクションの一つに、製品の危険に関する告示がある。電氣的危険に関するシンボルマークを図3に示す。いずれも感電・接地(アース)に関するもので、タイトルおよび意味は図中に示すとおりである。

さて、PL法が施行されたわが国で、警告表示の付いた製品をわれわれ国民が手にしたとき、とまどうことがあるのではないだろうか。それは接地の取り付けに関してである。

表2 接地を必要とする家電機器

部 屋	機 器
居間・リビング	パソコン等情報・通信機器
台 所	電子レンジ、オープンレンジ、食器洗い乾燥機、冷凍冷蔵庫、温蔵庫
洗 面 所	洗濯機、衣類乾燥機、スチーム・サウナバス
ト イ レ	温水洗浄暖房便座
屋 外	エアコン室外機、電気温水器



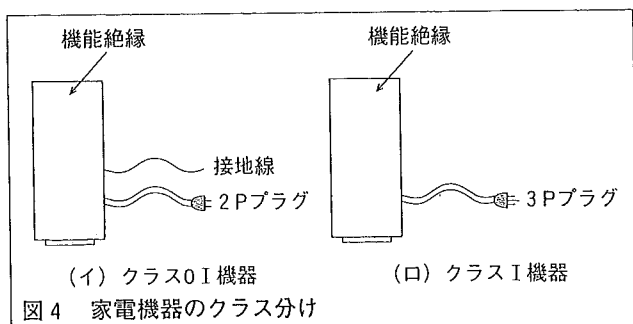
(社)日本電機工業会(JEMA: The Japan Electrical Manufacturers' Association)でとりまとめた家電製品の「警告表示実施要領」によると、表示する製品には「アースを確実に取り付けてください。故障や漏電のときに感電する恐れがあります。アースの取り付けは販売店にご相談ください。」という旨の注意書きを記した印刷物を添付することになっている。

わが国の普通の住宅においては、アース端子付コンセントが洗面所に設置されている程度であり、台所に設置されていることはめずらしい状況ではなからうか。それなのに、「アースを確実に取り付けて下さい」、「販売店に相談してください」という表示はとまどうばかりである。また、「販売店に相談してください」といわれても戸建住宅でも、特に集合住宅では簡単にアース工事を行うのは困難であろう。

## ② 家電機器のクラス分類

IEC(International Electrotechnical Commission、国際電気標準会議)規格の「家庭用電気機器の安全に関する総則」(IEC 60335)において、家電機器を感電防止の観点から、次の五つのクラスに分類している。

- (イ) クラス0(ゼロ)機器：機能絶縁だけで接地のない機器である
- (ロ) クラス0I(ゼロワン)機器：クラス0機器と同様に機能絶縁だけであるが、図4(イ)に示すように接地線がある。したがって、機能絶縁が劣化しても接地されているので、感電防止には寄与している
- (ハ) クラスI機器：クラス0I機器と同様に、接地がある。ただし、図4(ロ)に示すように、この機器は電源コードと一体(3Pプラグ)になっているので、電源供給と同時に、自動的に接地される。つまり、これは3Pコンセントシステムに対応した機器である
- (ニ) クラスII機器：機能絶縁のほかに保護絶縁を施し、二重の絶縁を施した機器である



(ホ) クラスIII機器：安全特別低電圧(SELV(Safety Extra Low Voltage)：交流50V)方式に用いる機器である

わが国はWTO(World Trade Organization、世界貿易機関)加盟国であり、TBT協定(Agreement on Technical Barriers to Trade、貿易の技術的障害に関する協定)を締結している。国際統合化に伴い、IEC規格を取り入れることになっているが、特にクラス0I機器は例外としている。欧米諸国では常識となっているクラスI機器を普及する必要がある。

## (4) 3Pコンセントシステムの普及のための課題

3Pコンセントシステムの普及に際して、よく言われることが「にわとり」と「たまご」のたとえである。「3Pプラグが先なのか」、「3Pコンセントが先なのか」の問題である。3Pコンセントシステムを普及する意志があるか否かが重要である。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

今まで述べてきたように、接地は住宅においても重要であり必要不可欠である。ユーザーの多くは、接地の必要性を十分に認識しており、「いつでも」、「どこでも」、「かんたん」に接地を得ることができれば、安心できる環境で生活できる。ただし、工事費用の負担の問題はある。

### ② 配線器具メーカーの視点

ユーザーニーズを満足するためには、3Pコンセントを生産する必要がある。メーカーは図2に示したようなコンセントを普及し、クラス0I、クラスI機器に対応させている。理想的にはクラスI機器対応の3Pコンセントの普及である。価格の問題も大量生産になれば解消するはずである。

### ③ 家電機器メーカーの視点

PL法の施行で、メーカーは前述したように家電機器に接地を要求している。わが国の住宅電気設備の現状を踏まえたうえで、このような要求をユーザーに課していることは、少々無理なことではなからうか。IEC規格の統合化が必須課題になっている現在、クラスI機器の使用を理想とするならば、3Pプラグ付の家電機器にすべきであろう。

### ④ 電線メーカーの視点

3Pコンセントシステムに対応した専用のケーブルの開発は容易なことであろう。その際、電圧側、接地側電線と接地極電線の色別を規格化しておく必要がある。

わが国では従前から、例えば、関東と関西では、これらの電線の色別が異なっている。まさに国内整合化を図ることが先決である。

⑤ 設計者の視点

住宅の接地設備として望ましい形態は、「感電や雷サージによる過電圧を防止するための保安用接地」、「エレクトロニクス機器の安定な動作を確保するための機能用接地」という異なる2種類の接地を一つにまとめる、つまり、共用して施工することである。もちろん、それには大地に施す接地極だけでは不十分であり、例えば、SPD、等電位ボンディングが必要である。

近年の住宅は大型化し、家電機器も大容量化し、全電化住宅が多く建設されている。住宅の接地線の配線方式は、「送り配線(ループ状)方式」と「放射状(スター状)配線方式」とに大別される。

「送り配線方式」とは、コンセントからコンセントへわたって配線される方式で、材料および施工費が安価に抑えられる利点がある。

一方、「放射状配線」とは、住宅用分電盤から系統ごとに放射状に配線される方法である。これは、接地を必要とする家電機器をすべて、一点に集中させ、その点を電位の基準点とする考えである。従前から、わが国では、この考えを「一点接地」と呼んでいたが、IEC規格の思想では「スター型ボンディング」であり、これは同義である。

一点に集中させる箇所は、分電盤の等電位ボンディングバー(あるいは集中接地端子)であり、そこには、SPDが装備されることもある。3Pコンセントの普及を具現化するためには、設計者が十分にシステムニーズを認識する必要がある。

⑥ 施工者の視点

古い話であるが、病院において3Pコンセントの誤結線でトラブルが生じたことがある。最近はまだ耳にしない。施工する際に留意することは誤結線であるが、これも3芯ケーブルの色別を明確にすることで安心して施工できるはずであろう。

⑦ 筆者の視点

3Pコンセントシステムの普及するための問題点として「にわとり」と「たまご」の論をたとえとして引き出した。考えてみれば、3Pコンセントであれば、クラス0I機器は可能であるが、2Pコンセントであれば対応できない。便宜上、アダプタの使用も考えられるが信頼性に課題が残る。やはり、電気設備の視点から、3Pコンセントシステムを普及し、その後でクラスI機器を生産す

るのが「筋」なのかもしれない。いずれにしても、関連業界が一丸となって3Pコンセントシステムを推進する気持ちが必要であろう。

雷保護機能付住宅分電盤

電気設備の保護の三要素として、「感電保護」、「過電流保護」、「過電圧保護」がある。従前から住宅においても感電、過電流保護は体系化が構築されているが、最後に残された過電圧保護が、今回の内線規程の改訂に伴い、ようやく緒についた段階である。

(1) 住宅における雷電磁環境

戸建住宅あるいは低層集合住宅では図5のように電力線や通信線は架空線で引き込まれ、屋上にテレビアンテナが設置され、家庭機器が接地されている状況にある。

近くで落雷があった場合、雷サージは架空線を伝搬して過電圧が侵入し、接地線には電位差が発生し、周囲には磁界結合や静電容量結合による過電圧が誘起される。テレビアンテナに落雷する可能性もある。このように、住宅などは雷に起因する電磁環境にさらされる。

IECでは建築物の雷電磁環境を図6に示すような四つのカテゴリーに分類し、カテゴリーにおける設備機器に要求されるインパルス耐電圧を規格化している。これは、過電圧カテゴリーをSPDを適用するための基準としていることである。その一例を図7に示す。同図は、建築物内の電気設備機器における過電圧に対してSPDの望ましい仕様の考え方を提示している。

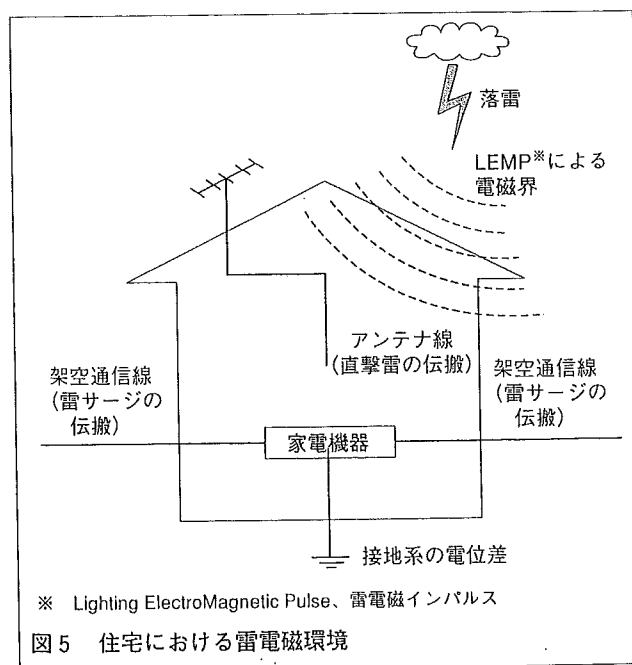


図5 住宅における雷電磁環境

## (2) 雷による家電機器の被害

図8に示すように、1950年ごろはテレビなどの情報技術機器に真空管が用いられていたため、雷による電磁的障害はさほど問題にならなかった。その後、トランジスタ、集積回路のようにエレクトロニクス化された家電機器の過電圧耐性が小さくなり、電磁的障害が多く発生するようになった。このことは、テレビに限らず、家電機器の制御部にマイコンなどの集積回路が用いられるようになったことが最大の要因である。

雷による災害は当然ながら落雷の頻度に関係する。落雷回数把握には一般に年間雷雨日数が使用され、年間雷雨日数分布図(IKL(Iso-Keraunic Level)マップ)で数

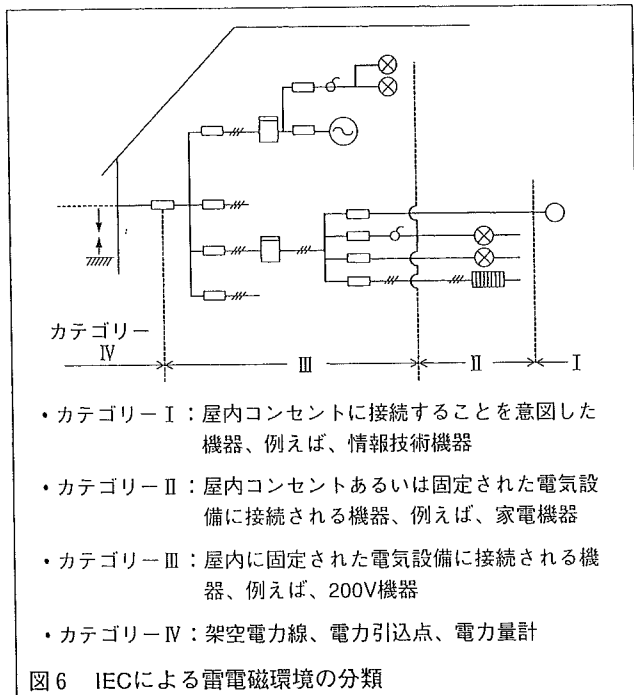


図6 IECによる雷電磁環境の分類

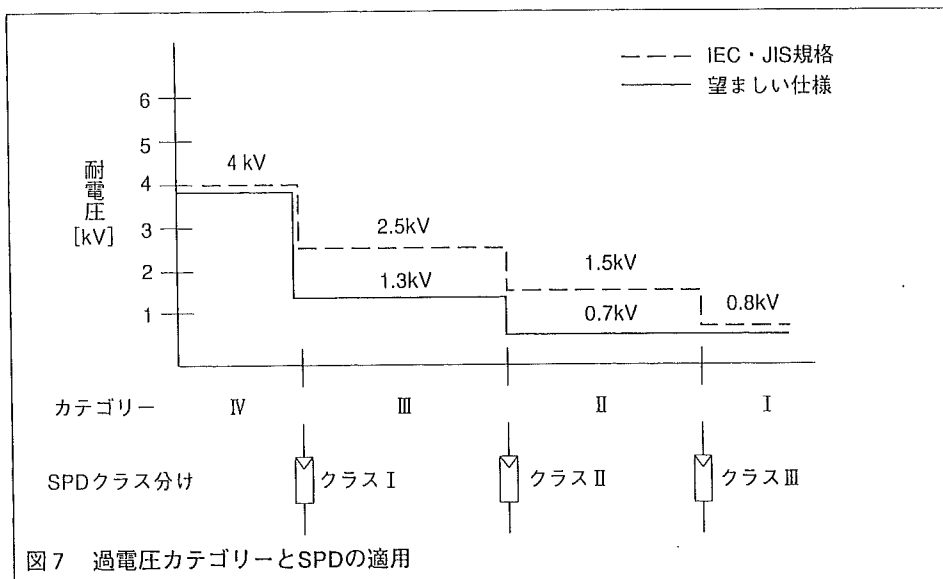


図7 過電圧カテゴリーとSPDの適用

値化されている。IKL指標で多い代表的なエリアは、夏季には群馬県エリア、冬季には日本海エリアである。

(社)日本電子材料工業会(EMAJ: Electronic Materials Manufacturers Association of Japan)は、アンケートよりこれら二つのエリアにおける家電機器の被害事例を1992年に調査し、貴重なデータを公表した。データは、1987~1991年の5年間の被害事例である。被害を受けた家電機器と被害件数を図9に示す。いずれも情報技術機器が多く、白モノ家電といわれるエアコン・洗濯機・給湯器・風呂などは制御部のマイコンの故障である。ただし、この当時、パソコンの普及はそれほどでもなかったために、パソコンの被害が顕著に現れていない。

## (3) 雷保護の必要性

雷保護には、「建築物本体の損傷、火災を防止するための外部雷保護」と「建築物内で使われている情報技術機器を過電圧から守るための内部雷保護」とに分類される。ここでは、住宅における内部雷保護について述べる。

住宅内で使われる家電機器は多種多様であるが、白モノ家電といわれる機器であっても、制御部分には家電が用いられている。昔の洗濯機のタイマ、黒電話等のベルなどは過電圧に強かった。しかし、現代のエレクトロニクス万能の時代にあつて、家電機器は過電圧耐性が低く、マイクロコンピュータ素子の動作電圧・電流が小さいため、機器の破壊、誤作動、雑音発生などの障害が生じる。また、情報技術関連機器は建築物内部、外部を有線によってネットワーク化しており、大部分の機器の電源は商用電源から供給されている。このように金属導体で外部とつながりがある場合には、周辺の落雷に起因して生じる雷サージの影響により、さまざまな障害が生じる。つ

まり、内部雷保護は電磁環境、EMC (Electro Magnetic Compatibility、電磁両立性)に密接に関係する。

内部雷保護システムは、電子・情報技術機器などのいわゆる弱電機器の過電圧防止のために、住宅内における等電位ボンディング、遮へい、隔離、SPD、接地などの対策で対応しなければならない。

住宅内にあるすべての機器および電力線、通信線、水道管などの金属製設備の等電位化を図