

2004:01115A

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

200V配線推進に伴う感電災害・電気火災等の予防に関する研究

平成16年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 富田 一

平成17(2005)年 4月

目 次

I. 総括研究報告		
200V配線推進に伴う感電災害・電気火災等の予防に関する研究-----		1
富田一		
II. 分担研究報告		
1. 200V配電系に必要な接地抵抗の検討 -----		4
高橋健彦		
2. 100/220Vにおける感電危険性の比較 -----		7
本山建雄		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----		8
IV. 研究成果の刊行物・別刷 -----		9

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総括研究報告書

200V配線推進に伴う感電災害・電気火災等の予防に関する研究

主任研究者 富田 一 （独）産業安全研究所物理工学安全研究グループ 主任研究官

研究要旨 今後の使用電圧200V化推進に伴う感電危険性を、感電災害データおよびIEC規格より検討するとともに、感電保護の観点から求められる接地条件の検討、及びすでに200V化がはかられているフランス、韓国の状況を調査した。その結果、200Vによる感電死亡災害は、アーク溶接作業を除くと明らかに100Vより多く、感電危険性をIEC479-1より検討すると、人体インピーダンスの電圧に対する非線形性のために、200Vでは人体に有害な領域に達する可能性を指摘した。感電保護接地については、建物の基礎を接地極とする場合などの接地抵抗の推定を行った。また感電防止用漏電遮断器、接地の徹底が感電災害防止に寄与していることを海外の現状調査より確認した。

分担研究者

高橋健彦
関東学院大学
教授

本山建雄
独立行政法人産業安全研究所
部長

く必要がある。

このような現状を踏まえ、ここでは主たる使用電圧が200Vに変更されたときの危険要因を明確にし、接地、等電位ボンディング、漏電遮断器等の安全装置等を網羅した総合的な安全対策を提言することを目的とする他、使用電圧の200V化をスムーズに進めるための基礎データを提供する。

A. 研究目的

現在、需要家が直接負荷機器を接続して使用できる電圧（以下、使用電圧という）を主に100Vとしている国は世界中で日本、米国、北朝鮮などであり、低成長時代において、少ない設備投資により電力需要に対応するためには、必然的に200Vが主たる使用電圧にならざるを得ない。しかし、使用電圧200Vが一般的に使用されるようになると、感電危険性が増大し、また、漏電による火災や機器の損傷等の障害・災害が多く発生すると予想されることから、これらの災害にも対応できるよう、検討を諮ってお

B. 研究方法

本年度では、①感電災害事例に基づく実態調査、②IEC479-1に基づいて感電部位から見た100Vと200Vとの感電危険性の比較、③プラグの結露による200Vの影響の予備実験、④海外の現状および安全対策の調査、⑤感電保護の観点から求められる接地条件についての検討を行った。この他、韓国の電気安全施策に関与している研究者を招聘し、韓国が使用電圧を200Vに昇圧した経緯、昇圧計画実施期間と進行状況、期間中および終了後の問題点、使用電圧を100Vから

200Vに昇圧した韓国での感電災害の変遷、感電災害防止のための対策技術等を、直接、面談により把握した。

(倫理面への配慮)

倫理面に問題はない。本研究の対象は絶縁材料等の電気材料であり、人、動物等を対象としたものでないので特に倫理面に対する配慮は必要としない。

C. 研究結果

本年度の調査、研究によって得られた結果は次の通りである。

- (1)我が国において平成7年～13年の7年間に発生した感電災害の中から65人の感電死亡者を調査した結果、アーク溶接作業を除くと、100Vと200Vでは、100Vが7人に対し200Vが22人で明らかに200Vでの災害発生件数が多い。
- (2)100Vに比較して200Vでは感電した場合、感電部位によっては感電防止用漏電遮断器が設置されていても計算上、心室細動の発生する領域に達する可能性が推定された。
- (3)結露サイクル試験機によって結露が配線器具の漏れ電流に及ぼす影響を実験した結果、通常の条件下ではほとんど漏れ電流の増加といった危険性は認められなかった。ただし、実験初期においてはプラグ表面への結露の影響によって大きな電流が流れた。
- (4)200V化を推進するためのインフラ整備としての接地に関する検討を行ったが、理論的には接地抵抗の改善によって方向性を見出すことができた。
- (5)韓国においては、使用電圧が100Vから200Vへ移行することによって感電災

害が多発し、その要因としては従来の電気機器を使用するための変圧器の絶縁不良、漏電遮断器の性能不良が挙げられた。その後の対策として漏電遮断器の普及及び高性能化等の対策を行ったという情報が得られた。

- (5) 海外での現状について、安全な配電方式としてTN方式が一般的に取り入れているEUを取り上げ、その現状把握を目的にフランスでの感電災害防止対策の現状を調査した。TN接地は工場で一般的に使用されており、TT接地は家庭等小規模施設で主に使われている。TT接地が採り入れられている理由には、地絡が発生した場合の電流が小さく、火災に至る可能性が低いことが挙げられた。漏電遮断器は対象とする電気機器を考慮した特性のものが設置され、あらゆる配線系統に接地線が配線されている点が感電災害防止に大きく寄与していると考えられる。

D. 考察

電流の人体に有害な影響については、電流の流れている時間に依存するため、通電部位と通電時間との関係を今後検討する必要がある。感電災害防止の基本はIEC60364にあるが、現実の感電災害においては、本来の対策が不十分であったり、無効となっていることもあることから、対策が常に有効に機能するように定期的な点検、保守が重要となる。今後使用電圧の200V下においては、感電災害防止対策の徹底した実行と対策の有効性の保持が検討課題と考えられる。また、ヒューマンエラー対策も必要と

考えられる。

E. 結論

使用電圧が100Vから200Vに昇圧されると感電危険性が増加する可能性があるため、今後より詳細な検討が必要と考えられる。周知の通り感電災害防止の基本は接地であり、使用電圧の200Vへの昇圧においても、接地が重要である。日本における100V機器においては必ずしも接地が取られていないことも多いことから、確実な接地が200V昇圧には不可欠である。また、漏電遮断器の高性能化、高信頼性化も重要となる。今後これらの対策をいかに確実に実行されるかが、円滑な使用電圧の昇圧に必須と考えられる。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- ・ 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”、(社)電気設備学会誌、平成17年5月号 (Vol125, No5) 掲載予定
- ・ 山川修平、高橋健彦、“形状係数法による接地抵抗の推定”、(社)電気設備学会誌、平成17年6月号 (Vol125.No6) 掲載予定

2. 学会発表

- ・ 北村健司、右田理平、高橋健彦、“戸建住宅基礎の接地抵抗の推定”、電気設備学会テーマ付研究会、電気設備学会、平成16年12月9日
- ・ 山川修平、高橋健彦、“形状係数法によ

る接地抵抗の推定”、電気設備学会、平成16年12月9日

- ・ 富田 一・本山建雄・中田健司、“200V使用電圧における感電災害について”、電気学会全国大会、平成17年3月18日
- ・ 本山建雄・富田 一・崔 光石・中田健司、“100/200Vにおける感電危険性の比較”、電気学会全国大会、平成17年3月18日

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
分担研究報告書

1. 200V配電系に必要な接地抵抗の検討
分担研究者 高橋健彦 関東学院大学 教授

研究要旨

一般国民に供用している配電系統の電圧が100Vを使用している国は日本だけである。電力の有効利用、省資源を考慮すると100V級よりは200V級のほうが優位性がある。このような観点で200V化を推進するためには、感電や漏電火災の予防が重要な課題である。そこで、感電や火災に密接に関係する接地について検討した。基礎的研究および情報収集の結果、有用な知見が得られた。

A. 研究目的

感電や漏電火災を防止するための手段として接地がある。現在、対地電圧100Vに対する防止対策は体系化が構築されているが、200V級の電圧については未検討である。そこで、200V化に対応する接地のあり方について検討を行う。

B. 研究方法

一般市民を対象とした戸建て住宅における感電・漏電火災防止のための接地、工場などの労働環境における安全対策としての接地のあり方を検討するために、接地シミュレーションを行い各種接地極の接地抵抗の推定手法を確立する。

次に、IEC規格における配電系統の接地システム、等電位ボンディングシステムについての文献調査を行い、問題点の抽出および対策について検討する。

さらに、200Vを実行した、韓国における実状に調査し、日本に適用するための問題

点の抽出および方法を検討する。

（倫理面への配慮）

本研究は工学的な研究であるため、倫理面での問題はない。

C. 研究結果

（1） 接地に関する研究成果

日本における配電系は単相3線式、三相3線式、三相4線式が大部分である。単相3線式の線間電圧は150V、200Vで対地電圧は100Vであり、三相3線式の線間電圧は200Vであり、対地電圧は200V、三相4線式の線間電圧は240V、415Vであり、対地電圧は240Vである。感電災害においては、特に、対地電圧の評価が重要であり、さらに、接地方式（日本ではTT方式）も重要である。

日本において、200V化推進するためには三相4線式を採用することが考えられるが、その時の対地電圧、接地方式をどのように対応されるのかが問題である。

現在のTT方式をTN方式に変更することは

インフラ配備に大きな負担をかける。このことが大きな関心事である。

いずれにしても、感電や火災を予防するための手段としては接地が重要である。そこで接地に関する研究を行い、後に示す2編の学術論文をまとめた。

これらの知見は、200V化における接地方式のあり方、方向性を与えることができる。

(2) 接地システム・等電位ボンディングシステムに関する研究成果

IEC規格では、頭記の用語が定義されているが、日本の基準、規格においては、これらの技術的定義が不十分である、つまり、日本には存在しなかった新しい概念である。

現在、学会、協会等でこれらの導入を検討している段階である。200V化を実現するためには、接地と等電位ボンディングの協調をはかる必要がある。

そのため、IEC-TC64（電気設備と感電保護）の規格の審議動向、ビーゲルマイヤー博士（オーストリア）の研究成果をもとに整理、分析してまとめているのである。その結果は学会、協会等に問題提起する予定である。

(3) 韓国における実態調査の結果

2度の韓国訪問を行い、韓国の指導的役割を果たしている韓国安全学会副会長のJoung教授、韓国火災協会会長の李教授、大韓電気協会の白副会長、韓国照明・電気設備学会の関係者と面談した。

韓国の200V化の実施は政府の強い指導のもとに実現できたものであるが、法的整備、技術的研究は協会、学会、電力公社が大きな役割を果たした。

日本で200Vを推進するためには、韓国が実施したスキームが参考になる。そこで実

態調査を踏まえ、現在、韓国語資料の翻訳作業を行いながら、得られた知見をまとめており、200V化配電における災害防止手法に提案する予定である。

D. 考察

日本において、200V化の推進は約20年毎に学会、協会で話題になるが、未だ実現していない。電力の高度化、省資源化がさわがれている昨今、世界の中で、100Vを使用している国が日本だけであることを考えると早期に実現すべきと思われる。

1年間の研究を通して、接地抵抗に関する研究は一応の成果を得ることができた。さらに、韓国における調査の一環として、200V化を経験した主要な人物とのヒアリングを通して、多くの知見を得ることができた。

E. 結論

200V化を推進するためのインフラ整備としての接地に関する検討を行ったが、理論的には接地抵抗の改善によって方向性を見出すことができた。接地抵抗に関する検討成果は(社)電気設備学会の学術論文として2論採択された。しかし、配電システムの構築の可否までの結論を得ることは、まだ検証の余地がある。今後、さらに具体的な方策について進める必要がある。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- ・ 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”、(社)電気設備学会誌、平成17年5月号(Vol25, No5) 掲載予定

- ・ 山川修平、高橋健彦、“形状係数法による接地抵抗の推定”、(社)電気設備学会誌、平成17年6月号 (Vol25, No6) 掲載予定

2. 学会発表

- ・ 北村健司、右田理平、高橋健彦、“戸建住宅基礎の接地抵抗の推定”、電気設備学会テーマ付研究会、電気設備学会、平成16年12月9日
- ・ 山川修平、高橋健彦、“形状係数法による接地抵抗の推定”、電気設備学会、平成16年12月9日

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

2. 100/220Vにおける感電危険性の比較

分担研究者 本山 建雄 (独)産業安全研究所 部長

研究要旨

現在使用されている100V配線が220V (あるいは230V) に昇圧された場合を想定して、感電の影響がどのように変化するかを感電の影響を示す資料 (IEC 479-1 (1994)) に従って検討した。検討の結果、感電の影響に最も関係する人体電流は、人体の抵抗が電圧に対してリニアではなく、電圧の昇圧割合よりも大きくなることが明かとなり、感電災害時における電流の通路によっては、有害な影響が出ると考えられた。

A. 研究目的

コンセント等に配電されている電圧が昇圧された場合の感電災害防止のため、産業職場での使用者に対する感電の影響がどのように変化するかについて、人体のインピーダンスから検討する。

B. 研究方法

人体のインピーダンス及び感電の危険性に対する電流と持続時間の関係はIEC479-1に示されている。一方、感電が生じたときの電流の経路は災害事例などで報告されている。これらを考慮して、人体に電流が流入・流出した通電個所と人体インピーダンスから、通電電流を算出し、感電の影響を推定する。

(倫理面への配慮)

本研究には生態等を利用せず、純粋に工学的な研究であるため、倫理面での問題はない。

C. 研究結果

人体インピーダンスは電圧依存性があり、結果として、人体を流れる電流は、単純に昇圧比に比例した値よりも大きくなり、通電個所によっては有害な影響が出る電流の領域に達する可能性がある。

D. 考察

有害の影響は電流が流れている時間に関係することから、通電部位と通電時間との関係を考慮する必要がある。

別紙4

E. 結論

有害な影響の現れる領域は人体を流れる電流の大きさ、通電部位、通電時間に依存することから、次年度はこれらを総合的に検討することとした。

F. 健康危険情報

特段なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- ・ 本山建雄・冨田 一・崔 光石・中田健司、
“100/200V における感電危険性の比較”、電気学会全国大会、平成17年3月18日

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
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	(社)電気設備学会 誌	Vol. 25, No. 5	掲載予定	2005
山川修平、高橋健 彦	形状係数法による 接地抵抗の推定	(社)電気設備学会 誌	Vol. 25, No. 6	掲載予定	2005
富田一	感電災害の現状	北海道のでんき	No. 652	pp. 5~8	平成16年 8月
富田一	感電災害の現状と 対策	セイフティダイジ エスト	Vol. 50, No. 8	pp. 13~20	平成16年 8月

200V 配電電圧における感電災害について

冨田一*、 本山建雄(産業安全研究所)、 中田健司(テンパール工業)

Electric shock hazards in 200V distribution voltage

Hajime Tomita, Tatsuo Motoyama(National Institute of Industrial Safety), Kenji Nakata(Tempearl Co., LTD)

1. まえがき

日本での低圧の配電電圧は 100V を主とし、単相 3 線式、三相 3 線式などが使用されている。主配電電圧を 100V 台としている国は米国、カナダ、北朝鮮など少数であり 200V 配電電圧が主流となっている。

周知のように 100V に比較して 200V 配電電圧の方が送電ロスが少なく、省エネルギーに貢献するとともに、ヒーター、エアコンなど 200V を必要とする機器も増大傾向にある。

200V 配電方式としては単相 3 線式があるが、動力系統では三相 3 線式が必要とされる。今後、三相 3 線式の 200V 配電電圧の普及が予想されることから、200V における感電災害を調査した。

2. 保安統計からの傾向

原子力安全・保安院より出されている電気保安統計においては、100V、200V、400V、高圧の分類がなされている。1991~2001 年について、作業者に係る感電死傷件数を図 1 に示す。全般的に 100V に比較して 200V における死傷件数が多い傾向となっている。

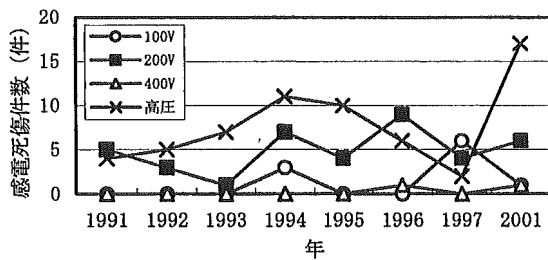


図 1 作業者の感電死傷件数の推移 (電気保安統計)

3. 感電による労働災害からの検討

<3・1>電圧別の死亡者数 1995~2001 年の 7 年間に於ける感電による死亡労働災害について、65 件の災害を調査した結果を図 2 に示す。100V 以下の死亡者が 17 人、200V

が 22 人であって、両者に大きな偏りは見られない。100V 以下については、交流アーク溶接機による死亡者が 10 人と大きな割合を占めている。これは作業中に充電された溶接棒が露出状態となることや、交流アーク用自動電撃防止装

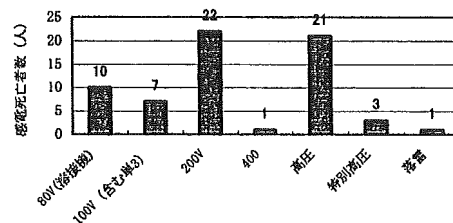


図 2 感電死亡労働者数

置の装着されないアーク溶接機の使用などが災害発生の要因と考えられる。

アーク溶接作業を除いた 100V 以下での死亡者については、7 人と半減している。溶接作業時の死亡者を除いた死亡者数で見ると、200V が 100V の約 3 倍となり、200V での感電死亡者が 100V より明確に多い。

<3・2>事故の機器 図 2 の死亡労働災害において、災害に結びついた機器を 100、200V の場合について表 1 に挙げる。

これらの機器について、人的要因を除いた災害発生原因をみると、漏電が主であり、絶縁不良、誤配線といったケースも見られた。また人的要因からみると、誤って接触したケースが多く、作業前の十分な対策、作業手順の励行など基本的な対策が不十分であることが多く見られた。

100V、200V 配電電圧における感電災害を調査したが、200V での発生件数が多いことから見て、低圧であっても 200V における感電災害防止には特に配慮が必要と考えられる。

表 1 100、200V 配電電圧での災害の機器

原因	漏電	絶縁不良	誤配線	作業ミス
100V	扇風機、電動ポンプ (2 人)	移動電線 (1 人)		作業灯、キュービクルの充電部、配電盤、電子レンジ (4 人)
200V	バルバー、ポンプ、モータ (2)、クレーンスイッチ、洗浄機 (6 人)	サーモスタット、軸受け温度計、研磨機 (3 人)	型ばらし機、シャーレンチ、クレーンスイッチ (3 人)	電源表示灯、コントロールボックス、配線 (2)、ニクロム線、シリンド分解装置、クレーントロリー線 (2)、クレーン集電装置、攪拌機 (10 人)

感電災害の現状

独立行政法人産業安全研究所

物理工学安全研究グループ 富田 一

1. はじめに

電気が原因となる災害には、人に関わる災害と設備に関わる災害に分類される。設備災害には電気機器や配線の短絡によって発生するスパークが着火源となって引き起こされる可燃性ガス・蒸気の着火爆発、トラッキングによって絶縁不良が発生しての電気火災、高調波や電磁ノイズに起因する電気電子機器の誤作動などがある。

一方、人身災害には、電気機器や線路の絶縁不良に起因して発生する漏電による感電、電線やヒューズの溶断時に発生するアークに因る火傷などがある。

ここでは電気災害の中でも、人身に係る感電災害の現状を主として、災害事例も紹介する。

2. 感電災害の発生状況

感電災害の年次的な推移、特徴、発生状況について、統計に基づいて紹介する。

(1) 死傷者数の推移

図1に示すように、我が国での労働死亡災害は昭和36年の6712人をピークに減少しており、平成15年には1628人と、ピーク時の1/4を下回るまでになっている。同様に感電災害については、昭和49年の死亡者数は203人であったが、平成15年には14人と昭和49年の約7%にまで急激に減少している。

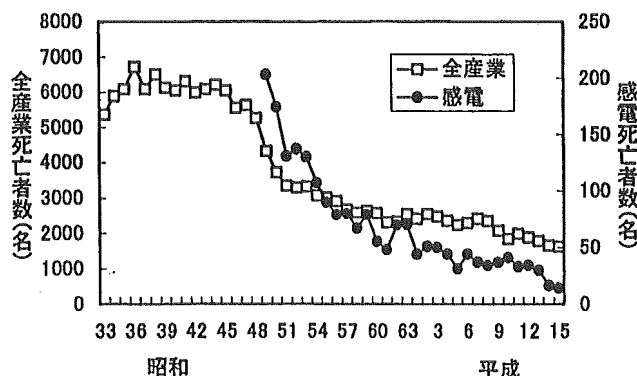


図1 全産業・感電死亡者数の年次減少傾向

一方、感電による休業4日以上の死傷者については、図2に示すように、昭和49年には、764人であったが、年とともに減少傾向にあって、平成15年には130人と、昭和49年の17%にまで減少している。

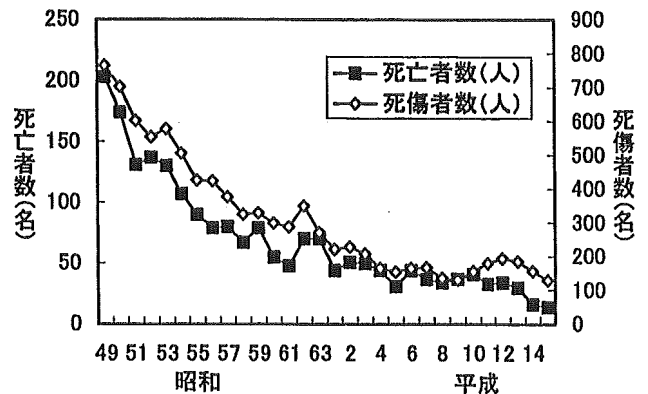


図2 感電死傷者数の年次減少傾向

(2) 災害の特徴

厚生労働省から公表されている労働災害統計では災害の型を21に分類している。平成14年の休業4日以上の死傷災害では、表1に示すように、1位が「墜落、転落」の24,262人であり、感電災害は157人で第14位である。死亡災害では、1位が「交通事故(その他)」の492人であり、感電は16人で第10位と、死傷災害での順位に比較して上昇している。

表1 平成14年労働災害の統計

	死傷災害	死亡災害	死亡発生率
第1位	墜落、転落 (24,262名)	交通事故(その他) (492名)	おぼれ(81%)
第2位	はさまれ、巻き込まれ (22,150名)	墜落、転落 (411名)	交通事故(その他) (12%)
第3位	転倒 (21,204名)	はさまれ、巻き込まれ (245名)	感電 (10%)
第4位	切れ、こすれ(13323名)	崩壊、倒壊 (110名)	交通事故(道路) (6%)
第5位	動作の反動、無理な動作 (11,621名)	激突され (104名)	有害物等との接触 (5%)
欄外	感電 (157名) (14位)	感電 (16名) (10位)	

これら死亡者と死傷者の比である死亡発生率で見ると、1位が「おぼれ」の81%、2位が「交通事故（その他）」の12%、3位が「感電」の10%の順位となる。

全労働災害の中での感電災害の発生件数は少ないが、一度感電災害が発生すると、死亡に至る可能性が極めて高いことがわかる。

3. 最近の感電災害の状況

平成11～14年における感電災害の状況を紹介する。

(1) 業種別

業種別に分類した死亡者数の割合を図3に示す。電気工事業、製造業、建設業が主であり、「その他」には電気設備の保守点検業が含まれている。20年前に比較して災害発生件数は減少しているものの、感電災害の多発している業種は今も昔も図3の業種である。

(2) 設備別

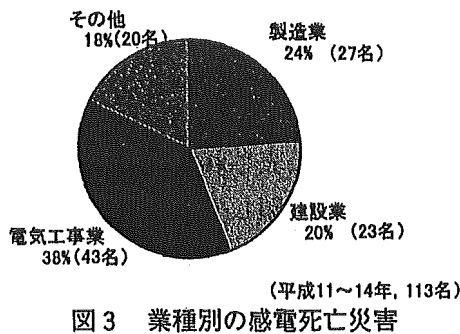


図3 業種別の感電死亡災害

図3について、どのような設備によって災害が発生したかを業種ごとに分類した結果を表2に示す。同表では、厚生労働省で15の設備に分類した感電災害を表3の5つに再分類している。

電気工事業では、送配電線類、受変電設備、配線類での災害件数が多くを占めている。これらの設備に工事、保守点検やメンテナンスにともなって接近する機会が多発することが災害発生要因と考えられる。製造業では、製造に伴って電気機器類を取り扱う機会が多いために、これらでの感電災害が多発している。建設業では送配電線類、電気機器類、配線類での災害多い。特に送配電線が多いのはクレーンのブームやワイヤが送配電線に

接触することが多いためと考えられる。その他の業種では、保守点検に伴って電気機器類、配線類、受変電設備に接近する機会の多いことが、これらでの災害が多い要因と考えられる。

(3) 高圧低圧の別

表2について、電圧別に分類した結果を図4に示す。低圧、高圧に大きな差は無く、低圧であっても必要な感電防止のための保護具防具の使用など基本的な対策を確実に実行することが必要である。

表2 設備別の感電死亡災害（平成11～14年）

	電気工事業	製造業	建設業	その他
送配電線類	15名	0名	10名	3名
受変電設備	15	5	3	5
配線類	11	4	5	6
電気機器類	1	18	5	6
その他	1	0	0	0
合計	43	27	23	20

表3 設備別分類の内訳

分類	設備
送配電線類	送配電線類、電鉄線
受変電設備	電力母線、高圧開閉器、変圧器・コンデンサなどの電力設備
配線類	電気使用場所の配線、クレーントrolley線、低圧開閉器
電気機器類	交流アーク溶接機、移動式電動機、可搬式電動機、定置式電動機、ハンドランプ
その他	その他、雷

(4) 職種別

図4について電気取扱者とその他に再分類して図5に示す。両者に大きな差は見られず、電気的知識を有するものであっても基本的な感電防止対策を確実にこなった上での電気作業が必要である。

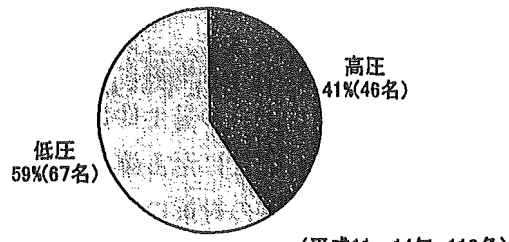


図4 電圧別の感電死亡災害

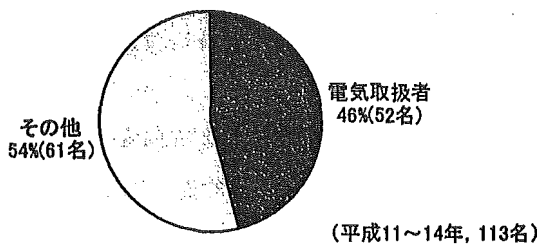


図5 職種別の感電死亡災害

(5) 月別

図5について月別の災害発生件数に整理した結果を図6に示す。高圧では月に対する偏りは見られないものの、低圧では夏場の7、8月に多発する偏りが見られる。夏場には作業者の発汗による皮膚抵抗の減少が起こり、人体に流れる電流が大きくなること、暑さのために作業者が保護具の着用を怠りがちになることなどが、冬場より災害が多くなっている要因と考えられる。

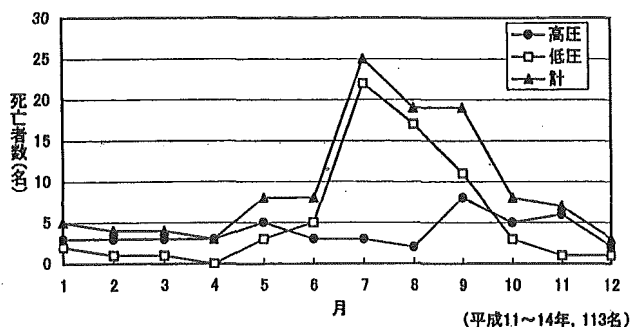


図6 月別の感電死亡災害

4. 災害事例 一 静電・電磁誘導による感電一

変電所内で、77kV送電線に接続されたブロッキングコイル取り外し作業中に発生した感電死亡事故である。

(1) 災害発生状況

送電線は電力保安用信号の搬送と併用されている。変電所内において、商用周波数に比較して高周波である保安用信号は、高周波成分を伝搬させる結合コンデンサを介して受信し、商用周波の電力は低周波成分を伝搬させるブロッキングコイルを介して送電される。

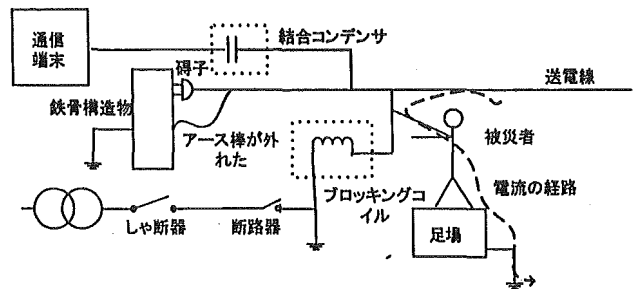


図7 静電誘導、電磁誘導による感電災害

災害の発生した日の作業は、図7に示すようにブロッキングコイルの取り外しであった。まず、しや断器、断路器を作動させて電路を停電させ、断路器に付設された接地装置で接地をおこなった。またブロッキングコイルの取り外しにともなって送電線が大地から絶縁されることの対策として、ブロッキングコイル取り外しの前に、3相の送電線をアース棒によって接地した。これによってブロッキングコイルに接続されている線路は断路器側、送電線側のいずれも接地が施された。

3本の送電線に接続されたブロッキングコイル3個の取り外し作業を3名の作業員で同時に開始した。その作業の途中で、被災者が悲鳴を上げたため、他の2名の作業員が被災者を見たところ、被災者は送電線側に接続済みのリード線を握った状況で感電死していた。

(2) 災害発生原因

災害発生後に接地対策の状況を点検したところ、被災者が担当していた送電線に取り付けられていたアース棒が外れていることが認められた。よって送電線の一端が大地から絶縁されて、同電路に並走して張られた154kV送電線からの静電誘導と電磁誘導に起因する電圧が停電状態の送電線に発生し、それに接続されたリード線を握っていた被災者に電流が流れたことが災害の発生原因である。

(3) 災害防止対策

本件災害を防止する対策には、次の方策が考えられる。

- ①アース棒が外れることの対策として、3本のアース棒を一体化し、電路への接続後に取り付け状況を確認すること。
- ②活線状態の特別高圧線に近接した電路の停電作業においては、電磁誘導・静電誘導による電撃危険性がある。電路の両端を接地するとともに、作業に伴って開放される電路については、サージによる電圧発生対策を目的として、予め開放される電路箇所を接地を施す。

5. おわりに

感電災害の現状、感電災害事例を紹介した。全労働災害のなかで感電災害の発生件数は少ないものの、一度発生すると死亡に至る確率が高い危険なものである。感電災害の対策には設備面での対策はもちろんであるが、電気作業に従事される方の安全教育が浸透し、現場での作業環境が常に安全に保持されることが災害防止に不可欠と考えられる。対策の徹底によって、感電災害ゼロが達成されることを切に希望する。

参考文献

- 1. "安全衛生年鑑 平成12~15年版"、中央働災害防止協会

各電力会社・官庁関係・大手電機メーカー等に採用いただいております。
受講料の80%が支給される日本電気協会の通信教育講座
 関係業界の権威者をはじめ、学識経験者による親切丁寧な添削指導により、資格取得・知識技能の修得に役立つ通信教育講座!!

■電験三種試験受験のための文部科学省認定講座

電 験 3 種 講 座

※総合講座(教育訓練給付制度対象講座) 12ヵ月 27,300円
 ※科目別講座 3~4ヵ月 1科目 10,500円 2科目 18,900円 3科目 25,200円
 (科目別講座は教育訓練給付制度対象講座ではありません。)

■科目別合格制度対応の最適講座を開講 認定外講座

電 験 3 種 受 験 特 別 講 座

※総合講座(教育訓練給付制度対象講座) 6ヵ月 25,200円
 ※科目別講座 3~4ヵ月 1科目 10,500円 2科目 16,800円 3科目 22,050円
 (科目別講座は教育訓練給付制度対象講座ではありません。)

■第二種電気工事士試験受験のための文部科学省認定講座

第 二 種 電 気 工 事 士 講 座

※教育訓練給付制度対象講座 9ヵ月 16,800円

■第一種電気工事士試験受験のための文部科学省認定講座

第 一 種 電 気 工 事 士 講 座

※教育訓練給付制度対象講座 10ヵ月 22,050円

日本電気協会の通信教育講座を修了し、一定の条件を満たす方には、教育訓練給付金が支給されます。詳しくはお問い合わせください。

誌名記入ハガキが電話を頂き次第入学案内無料送呈

(社)日本電気協会
北海道電気協会

〒060-0041 札幌市中央区大通東3丁目2番地 北海道電気会館4F
 電話 011(221)2759 FAX 011(222)6060



感電災害の現状と対策

Present situation and prevention of electric shock accidents

富田 一*1

1. はじめに

電気災害には、人身災害と設備災害に大別される。設備災害には電気機器や配線の短絡による可燃性ガスの着火爆発、トラッキングによる電気火災、高調波や電磁ノイズによる電気電子機器の誤作動などがある。一方、人身災害には、電気機器の漏電による感電、電線やヒューズの溶断時に発生したアークによる火傷、アーク溶接作業時に発生するアークによる電眼炎などがある。

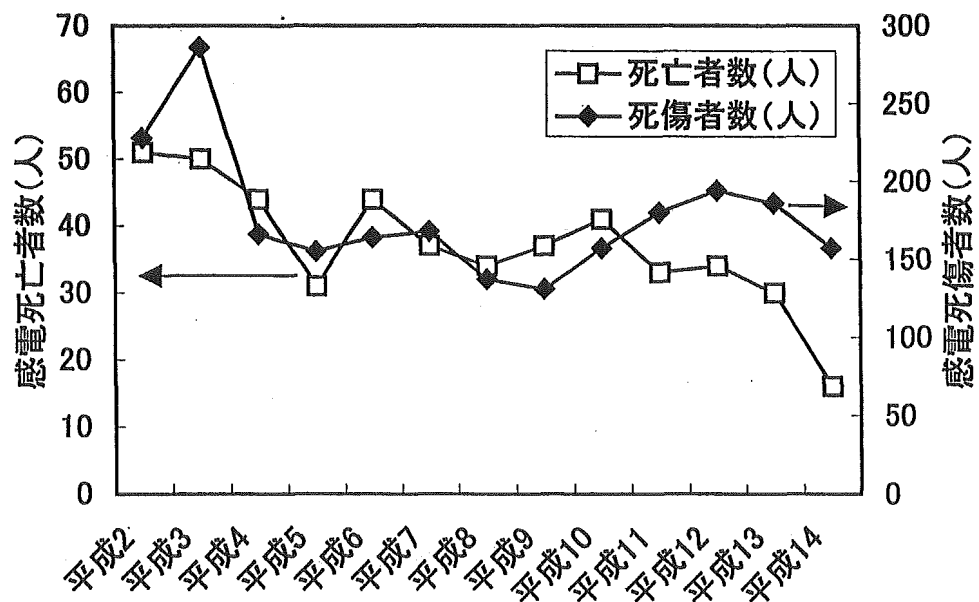
ここでは電気災害の中でも、感電災害の現状を中心として、電流の人体への影響、感電対策技術についても紹介する。

2. 感電災害の発生状況

感電災害の年次的な推移、特徴、発生状況について、統計に基づいて紹介する。

(1) 死傷者数の推移

感電災害は昭和50年には、休業4日以上の死傷者は702人、死亡者は174人であった。そ



注：平成11年までの死傷者数は年度

図1 感電による死亡者数の推移

* 1 ㈱産業安全研究所 物理工学安全研究グループ

の後安全技術の向上、労働安全衛生法の効果などによって、感電災害は年々減少の傾向にある。

平成に入ってから死傷者は年300人を切り、死亡者についても年60人を切っており、平成14年に至っては16人にまで減少している(図1)。

(2) 災害の特徴

平成14年の労働災害統計を死傷病報告よりみると、21の型に分類され、休業4日以上死傷災害では第一位が「墜落、転落」の24,262人、ついで「はさまれ、巻き込まれ」、「転倒」、「切れこすれ」、「動作の反動、無理な動作」となっており、感電災害は157人で第14位である(表1)。また、死亡災害の順位は一位の「交通事故(その他)」が492人で、ついで、「墜落、転落」、「はさまれ、巻き込まれ」、「崩壊、倒壊」、「激突され」の順で、感電は16人で第10位と順位が上昇している。

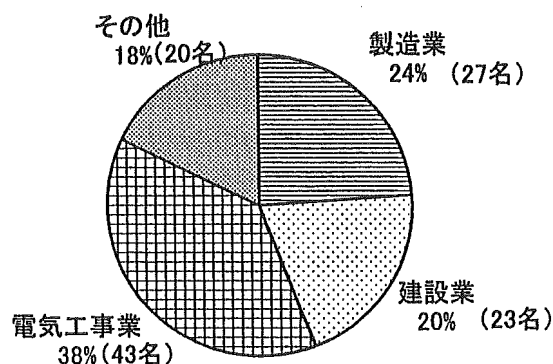
この傾向をより特徴的に見るために、死亡者と死傷者の比である死亡発生率でみると、第一位が「おぼれ」の81%、第二位が「交通事故(その他)」の12%、第三位が「感電」

の10%、ついで「交通事故(道路)」、「有害物等との接触」の順となる。

このように感電災害の発生件数は全体の労働災害の中では少ないものの、一度災害が発生すると、死亡に至る可能性が極めて高い特徴を有する。

(3) 業種別

業種別の死亡者数の割合を平成11~14年について図2にあげる。製造業、建設業、電気工事業が主であり、その他には電気設備の保守点検業が含まれている。それらの業種の中で特に災害件数の多いのは、電気工事業である。



(平成11~14年、113名)

図2 業種別にみた感電死亡災害

表1 平成14年労働災害の統計

	死傷災害	死亡災害	死亡発生率
第1位	墜落、転落 (24,262名)	交通事故 (その他) (492名)	おぼれ (81%)
第2位	はさまれ、 巻き込まれ (22,150名)	墜落、転落 (411名)	交通事故 (その他) (12%)
第3位	転倒 (21,204名)	はさまれ、 巻き込まれ (245名)	感電 (10%)
第4位	切れ、こすれ (13,323名)	崩壊、倒壊 (110名)	交通事故 (道路) (6%)
第5位	動作の反動、 無理な動作 (11,621名)	激突され (104名)	有害物等と の接触 (5%)
欄外	第14位 感電 (157名)	第10位 感電 (16名)	

(4) 設備別

平成11~14年の感電災害について、業種ごとに設備別に分類した結果を表2に示す。同表は、厚生労働省での設備別の15分類を表3の5つに再分類している。

表2 設備別に見た感電死亡災害

	製造業	建設業	電気工事業	その他
送配電線類	0名	10名	15名	3名
受変電設備	5	3	15	5
配線類	4	5	11	6
電気機器類	18	5	1	6
その他	0	0	1	0

(平成11~14年、113名)

表3 設備別分類の内訳

分類	設備
送配電線類	送配電線類、電鉄線
受変電設備	電力母線、高圧開閉器、変圧器・コンデンサなどの電力設備
配線類	電気使用場所の配線、クレーン・ローリー線、低圧開閉器
電気機器類	交流アーク溶接機、移動式電動機、可搬式電動機、定置式電動機、ハンドランプ
その他	その他、雷

これらの結果より、電気工事業においては、送配電線類、受変電設備、配線類での災害件数が多くを占めており、工事、保守点検やメンテナンスにともなってこれらの設備に接近する機会が多発することが災害発生要因と考えられる。製造業では電気機器類を取り扱う機会が多いために、これらでの感電が多発している。建設業では送配電線が大きな割合を占めているが、これはクレーンのブームやワイヤが送配電線に接触することが多いためと考えられる。その他では、電気機器類、配線類、受変電設備が主であるが、保守点検にともなってこれらへ接近する機会の多いことが

表4 職種、電圧別に見た感電死亡災害

電気取扱者		その他	
高圧	低圧	高圧	低圧
30名	22名	16名	45名

(平成11~14年、113名)

要因と考えられる。

(5) 高圧低圧の別

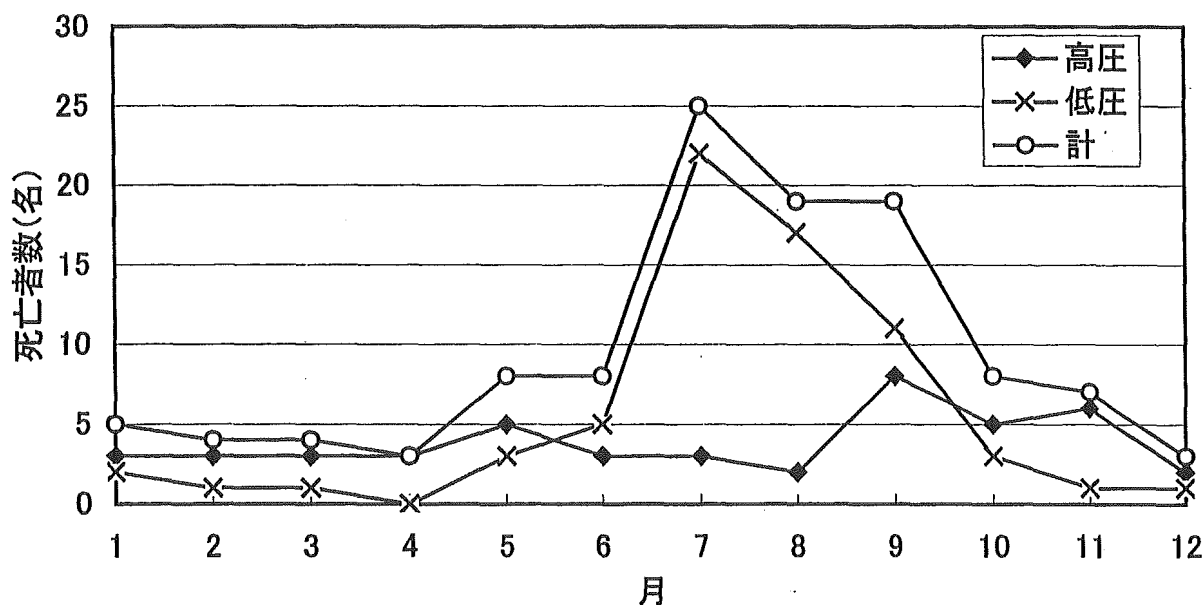
災害発生原因となった電圧について、平成11~14年の感電死亡者113人を高圧、低圧別に分類して表4に示す。低圧、高圧に大きな偏りは見られず、低圧であっても感電危険性を十分に認識する必要がある。

(6) 職種別

表4で電気取扱者とその他で見ると、両者間に大きな偏りは無く、電氣的知識を有するものであっても十分な対策を講じた上での電気作業が必要である。

(7) 月別

図2の結果を月別に整理して図3に示す。高圧では月に対する偏りは見られないものの、



(平成11~14年、113名)

図3 月別の感電死亡災害

低圧では夏場の7、8月に多く発生している。夏場は作業者が発汗し、皮膚の抵抗が小さくなり、人体に流れる電流が大きくなること、作業者が保護具の着用を怠りがちになることなどが、冬場より災害が多くなっている要因と考えられる。

3. 電気の人体への影響

前章での感電災害の原因となる、電流の人体への作用について商用周波数の場合を述べる。

3.1 電撃に対する人体反応

電流の人体への影響は、電流の大きさ、電流の通電時間、電流が人体を流れた経路及び電流の周波数（直流、商用周波数、高周波など）に依存する。

人体に流れる電流が小さいときには全く感

知できないが、徐々に電流値を大きくすると、電流を感知する「感知電流」となる。ダルジール教授の被験者を用いた実験によると、商用周波数60Hzに対する感知電流値は、成人男性の平均で約1mA、最小で約0.5mAである。これより電流値を大きくしていくと、運動の自由を失わない最大の電流値である可随電流（「離脱電流」ともいう。）に達する。可随電流値は、134名の成人男子の平均で16mA、28名の女子で10.5mAと報告されている（図4）。これらの可随電流の値は大きな苦痛と危険性を伴うことから、安心して離脱可能な値としては、図4の累積頻度が0.5%となる値である成人男子で9mA、女子で6mAとしている。可随電流値よりもさらに電流が増大すると、心臓の脈動が不正常となる心室細動が発生する。心室細動の発生によって血液循環の機能が失われ、自然に正常に回復することはなく、数分以内に死亡すると言われて

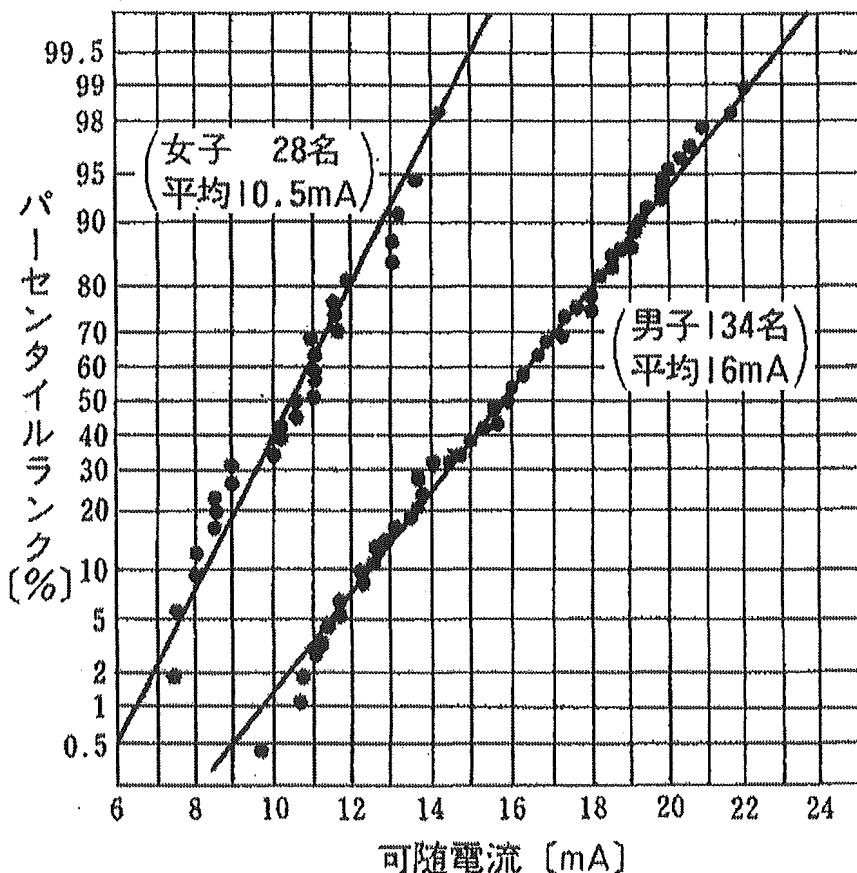


図4 交流（60Hz）に対する可随電流

いる。心室細動が発生する電流値は、多くの動物実験の結果を踏まえて、正弦波の交流が手一足間に3秒間通電したときに、約67~107mAと同教授によって推定されている。

3.2 電撃の危険限界

前節に示した実験の結果や臨床調査データ等の調査分析に基づいて、国際電気標準会議(IEC)のTC64委員会では、感電防止のためのPublication 60479-1の第3版を1994年9月に出版している。この中で商用周波数の電流が人体に及ぼす作用について示されており、通電電流と通電時間をパラメータとした関係を図5に、区分の説明を表5に示す。同図の区分で心室細動は、左手から両足への電流が流れたときの値である。なお、電流の流れる時間が0.2秒未満の閾値は心周期の受攻期の電流にのみ適用される。受攻期は、心臓周期のおよそ10%である心電図のT波の初期部分に相当する。

心室細動は心室に電流が流れて起こることから、図5の心室細動電流を引き起こす電流値は、人体を流れる電流の経路に依存する。

羊を用いたフェリスやキングの実験結果によると、主に心臓部に電流が流れるような左前足-胸、右胸-左胸の場合には小さな電流でも心室細動が発生するが、足-足では大電流でも心室細動が起きない。

一方人体抵抗の面から電撃危険性をみると、IEC60479-1で人体内部の抵抗が表6のように示されている。左手から左足の人体内部抵抗値を100%としたときに、各経路の抵抗値を割合で示す。例えば左手-左足間の抵抗値を500Ωとすると、手-胸間は236Ωとなる。このように手-胸、手-腹の経路の抵抗値が小さいことがわかる。同じ電圧が人体に印加された場合に抵抗値が小さいほど電流は大きくなることから、人体抵抗の面からも手-胸、手-腹の電流経路が危険であることがわかる。

IEC60479-1による電流経路に対する危険性評価としては、次式の心室細動電流値 I_h が用いられている。

$$I_h = I_{ref} / F \quad (1)$$

ここで、 F は心臓電流係数、 I_{ref} は左手-両足間の心室細動電流値である。心臓電流係数の具体的数値は表7に示され、1より大き

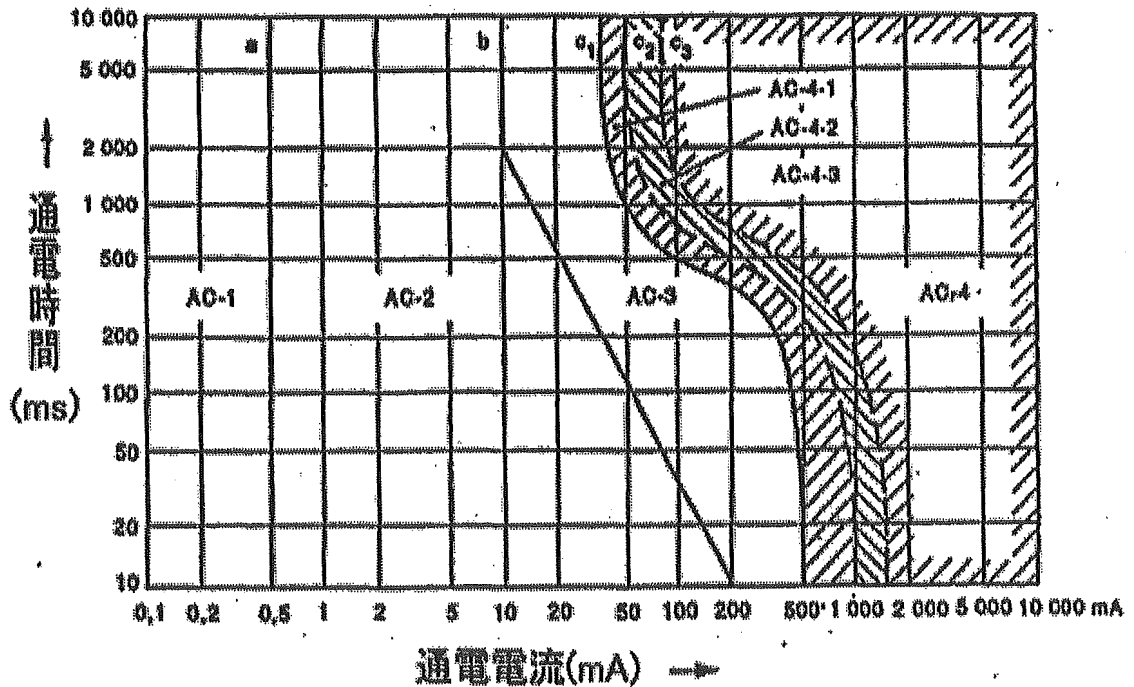


図5 15Hz~100Hzの交流電流の影響の時間-電流領域