

ビル・工場電気設備の安全・安心環境構築

ビル・工場電気設備の安全・安心環境構築調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	6.3 統合接地システム・構造体接地・等電位ボンディング	29
2. 人身に関する安全・安心環境	5	6.4 容量性と誘導性	29
2.1 概要	5	6.5 地中の電位分布の例	29
2.2 感電と人体反応	6	7. 監視設備と情報通信に関する安全・安心環境	33
2.3 日本とアメリカの電気災害の概要	6	7.1 概要	33
2.4 日本とアメリカの業種毎の死亡者数	7	7.2 オペレーションの誤り	33
2.5 安全・安心環境の作業方法	8	7.3 ハードウェア	34
3. 漏電および瞬低に関する安全・安心環境	10	7.4 ソフトウェア	35
3.1 概要	10	7.5 ネットワーク	35
3.2 交流低圧回路における漏電検出技術	10	7.6 情報信頼性、設定情報の品質	35
3.3 瞬低・停電に関する安全・安心環境	11	7.7 コンピュータウィルス対策	36
4. 電力供給に関する安全・安心環境	16	8. リスク管理と安全・安心環境	37
4.1 概要	16	8.1 リスク管理の難しさとその課題について	37
4.2 電力供給設備と安全・安心環境	16	8.2 リスク管理の考え方とその対応範囲	38
4.3 電力供給設備の構成	16	8.3 ヒューマンエラーのリスク管理	39
4.4 電気の特質と留意点	16	9. 保全・保守に関する安全・安心環境	45
4.5 ライフサイクルと事故起因要因	17	9.1 電気設備保全・保守の概要	45
4.6 安全・安心環境阻害要因	17	9.2 電気機器の劣化推移	45
4.7 安全・安心環境の構築	18	9.3 我が国の保全方式の変化	45
4.8 中央監視設備の充実	20	9.4 保全測定値の判別方法	46
4.9 ヒューマンエラー	20	9.5 各種保全方法	46
4.10 コミッショニングプロセス	20	9.6 提案されている新しい保全方法	47
5. 雷災害に関する安全・安心環境	22	10. 足場等の高所作業の安全・安心環境	49
5.1 電気災害防止と雷保護システムの概要	22	10.1 概要	49
5.2 雷現象	22	10.2 開発コンセプト	49
5.3 雷保護レベルの選定	24	10.3 ねじクランプの開発	50
6. 接地に関する安全・安心環境	28	10.4 導入実績	51
6.1 接地の目的と概要	28	11. おわりに	52
6.2 接地電極の電位上昇と電位差	28		

ビル・工場電気設備の安全・安心環境構築調査専門委員会 委員

委員長	市川紀充(工学院大学)	協力者	村上博明(関電工)
幹事	倉林武(日本総合技術研)		
委員	池田耕一(東芝)		
	奥村克夫(芝浦工業大学)		
	豊田武二(協立機電工業)		
	古屋一彦(関電工)		
	蒔田鐵夫(日本大学)		
	西村和則(広島工業大学)		

1. はじめに

東日本大震災（2011 年 3 月 11 日）の発生により、約 1 万 6 千名の尊い命が失われただけでなく、電力を安定して供給できなくなり、ビルや工場の電気設備を非常時にも安全に使用するために必要な安全・安心環境を構築することが求められている。国内で発生する自然災害は、地震だけでなく雷などもあり、電気設備の障害や災害を引き起こす原因になる。例えば雷は、落雷毎に電流の大きさがそれぞれ異なり、これまでに観測された電流よりも大きな電流がビルや工場へ落雷することもある。このように自然災害は、これまでに経験した災害を上回る可能性もある。

安全・安心環境とは、例えば航空会社が運航する大型の飛行機のように墜落することを心配せず、人が安心して長時間いられる空間をいう。飛行機に乗っているとき、墜落の可能性を心配している方はほとんどいないと思われる。このように安全・安心環境を構築するには、人が障害や災害の起こる可能性を感じることがないように、これまでに障害や災害の発生した実績がほとんどなく、今後も障害や災害の発生する可能性が低い電気設備を使用することが必要である。

地震や雷などの自然災害が原因で停電や電源のトラブルなどを引き起こす可能性がある電気設備は、安全・安心環境を構築する電気設備には適していない。自然災害が原因で障害や災害が発生したことの多い電気設備は、配線や耐震などの電気設備設計の基準を基本から見直す必要がある。一度でも障害や災害が発生した電気設備は、防止対策を実施しない限り、同種の障害や災害が何度も発生する可能性が高い。このように電気設備が原因で起こる障害や災害を防ぐことは、簡単なことではない。

一般にビルや工場で使用される電気設備は、多種多様な電気設備が電線で接続されており、一つの電気設備が異常動作を起こし異常な電気信号が発生するだけで、他の電気設備への波及が大きい。したがって、ビルや工場の安全・安心環境を構築するために、電気設備毎に異常な電気信号の発生防止とその信号の侵入による、誤動作や誤停止の防止対策がこれまで以上に求められてくる。

ビルや工場で発生する障害や災害は、主に電気設備が原因で起こる。電気設備が原因で起こる障害や災害とその原因には、次の項目がある。(1) 感電、(2) 漏電や瞬低、(3) ヒューマンエラー、(4) 雷、(5) 接地電極の電位上昇、(6) オペレーションの誤りやコンピュータウィルス、(7) 電気設備の劣化、(8) 墜落など。電気設備が原因で起こる障害や災害を防止するには、例えばこれらの原因を検討し、原因毎の関連性を明確にした上で、防止対策を講じることが必要になる。

例えばこれらの原因は、次のような関連性がある。

- (1) 感電は、主にヒューマンエラーが原因で発生することが多く、そのショックが原因で高所作業中に墜落することがある。
- (2) 漏電は、主に電気設備の劣化が原因で起こり、感電災

害を引き起こす可能性がある。

- (3) ヒューマンエラーやコンピュータウィルスが原因で、監視制御装置のオペレーションの誤りが発生し、電気設備の障害や災害が発生する可能性がある。
- (4) 落雷は、ビルや工場の接地電極の電位上昇を引き起こし、瞬低や電子機器の誤動作を引き起こす。

このように電気設備が原因で起こる障害や災害とその原因はそれぞれ関連があり、一つ一つの原因を対策しない限り、障害や災害を防止することはそれほど簡単なことではない。

本稿では、人が安心して長時間いられる安全・安心環境を構築することを目的として、ビルや工場で発生する障害や災害の原因と対策を解説した。本稿で解説した内容は、以下の通り。

1) 人身に関する安全・安心環境

電気設備が原因で起こる災害として感電災害がある。その感電災害は時として死亡災害を引き起こすことがある。例えばアメリカで発生する感電死亡災害の発生件数は、国内の約 10 倍と多い。日本とアメリカで発生した感電死亡災害の発生件数を人口で比較すると、世界中では年間約 5 万人の感電死亡者が発生している可能性がある。ここでは国内外で発生する感電死亡災害の動向とその原因を解説する。

2) 漏電および瞬低に関する安全・安心環境

落雷により瞬低が発生し、半導体工場などでは工場の復旧に 8 時間以上かかることがあり、瞬低により一日で約 5 千万円から約 1 億円の大きな損害が発生している。また樹脂製品製造工場では、瞬低が原因で高温で加工した資材から有毒ガスが発生することがある。本稿では、瞬低による生産ラインの停止を防ぐために電気二重層キャパシタ (EDLC) の効果を検証した事例を解説する。

3) 電力供給に関する安全・安心環境

地震や雷などの自然災害が原因で電気設備が誤停止すると、電力を安定して供給できなくなるだけでなく、非常時に電源供給できなくなることがある。非常時の安定した電源供給は、東日本大震災のときのように、例えば原子力発電設備の維持・管理には欠かすことができない。電力供給設備の事故や災害は、その設備の基本設計の段階である程度防止できる。このような電気設備の誤停止は、その種の災害の発生する原因の検討不足が主な理由といえる。本稿では、電力供給設備が原因で起こる事故や災害を防止するための検討事項などを解説した。

4) 雷災害に関する安全・安心環境

落雷は、瞬低や電気設備の故障や誤動作、感電災害などを引き起こすため、ビルや工場では SPD (Surge protective device) の設置や等電位ボンディングなどの対策を行っている。このような対策を行っているにも関わらず、雷災害を完全に防止することは容易なことではない。その理由は、ビルや工場のシステムのスマート (インテリジェント) 化に伴って、そのシステムが複雑になることが原因である。本稿では、安全・安心環境を構築するために必要となる、雷災害を防止する上で必要な落雷の特徴や雷災害の防止対策を解説した。