

第9章 雷害対策

本章では、水管理制御システムに侵入する雷サージから人体の安全を確保し、機器の破損等の被害（以下「雷害」という）を低減する対策について述べる。

雷サージは、雷雲からの放電等によって電気・電子回路に過渡的に発生する過電圧又は過電流のことをいう。

なお、国内の落雷状況、雷サージの種類など基本的な事項は第Ⅱ編第4章参照。

9.1 雷害対策の基本

水管理制御システムには、設備の用途、地域条件等を考慮して適切な雷害対策を構築しなければならない。

なお、雷害対策は、表 9.1-1 に示す適用規格に基づき実施するものとする。

また、雷保護対策を建築、電気設備、水管理制御システムごとに実施する場合は、総合的な雷保護が構築できるように相互に調整を図ること。

表 9.1-1 雷保護システムの適用規格と分類・構成要素等

適用規格	分類	構成要素等
【建築物等の雷保護】 建築物等の雷保護 (JIS A 4201:2003)	外部雷保護システム (外部 LPS) *1	受雷部システム、引下げ導線システム、接地システム
	内部雷保護システム (内部 LPS) *1	等電位ボンディング (SPD の使用を含む)、外部 LPS との絶縁 (安全隔離距離確保)
【建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護】 雷保護－第4部：建築物等内の電気及び電子システム (JIS Z 9290-4:2016)	雷サージ低減設計 (LEMP 低減) *2	雷保護領域 (LPZ) *4、接地と等電位ボンディング、磁気遮へいと配線ルート
	SPD によるサージ低減*3 (過電圧低減)	低圧配電システムに接続する SPD、通信及び信号回路に接続する SPD SPD 仕様 *5

*1 LPS：雷保護システム (Lightning Protection System)

*2 LEMP：雷による電磁インパルス (Lightning Electromagnetic Impulse)

*3 SPD：サージ保護デバイス (Surge Protective Device)

*4 LPZ：雷保護領域 (Lightning Protection Zone)

*5 SPD 仕様：低圧配電システムに接続する低圧 SPD (JIS C 5381-11:2014、JIS C 5381-12:2014)

通信及び信号回路に接続する SPD (JIS C 5381-21:2014、JIS C 5381-22:2018)

9.2 雷害対策の設計

雷害対策は、建築物への落雷に対する影響から建築物と人命を保護する建築物等の雷保護システム（LPS）と、建築物内の電気・電子設備の雷サージ防護システム（LPMS）を被保護物に構築することあり、各システムの設計内容は次のとおりである。

9.2.1 建築物等の雷保護の設計

(1) 建築物等の雷保護の設計手順

建築物等の雷保護の設計手順は、図 9.2-1 に示すとおりである。

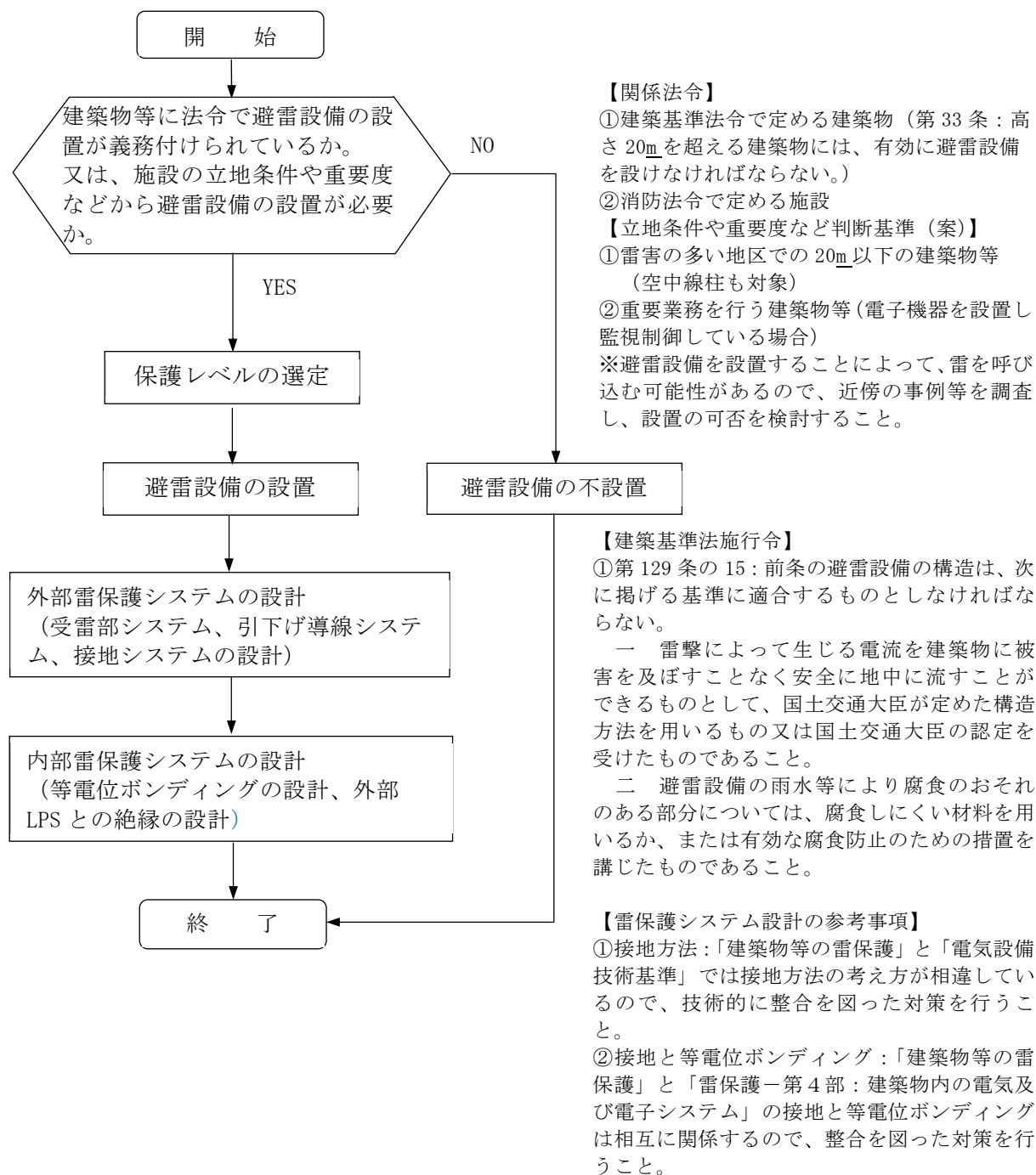


図 9.2-1 建築物等の雷保護システム（LPS）設計手順

水管理制御システムの中央管理所や子局施設は重要業務を行う建築物に当たると考えられるが、建築物の地上高が 20m 以下であり、避雷針などの外部 LPS が設置されていないことが多い。この場合、設備の雷保護の接地システムは、LPS 用の A 型接地極（水平接地極や垂直接地極等）を選定しても良いが B 型接地極（メッシュ接地や基礎接地等）とすることが望ましい。

(2) 保護レベルの選定

保護レベルは、雷発生の地域特性や施設の重要度等の各種要素を、総合的に判断して選定する。

なお、保護レベルを選定するための要素としては、落雷状況、地域環境、施設環境、電源及び通信系統などとする。

(3) 外部雷保護システムの設計

外部雷保護システムは、雷撃（落雷）を捕捉する受雷部システム、雷電流を安全に接地システムに流す引下げ導線システム、雷電流を大地に放流する接地システムで構成される。

建築物の構造等の条件と選定した保護レベルに応じた受雷部・引下げ導線・接地システムの設計を行う。

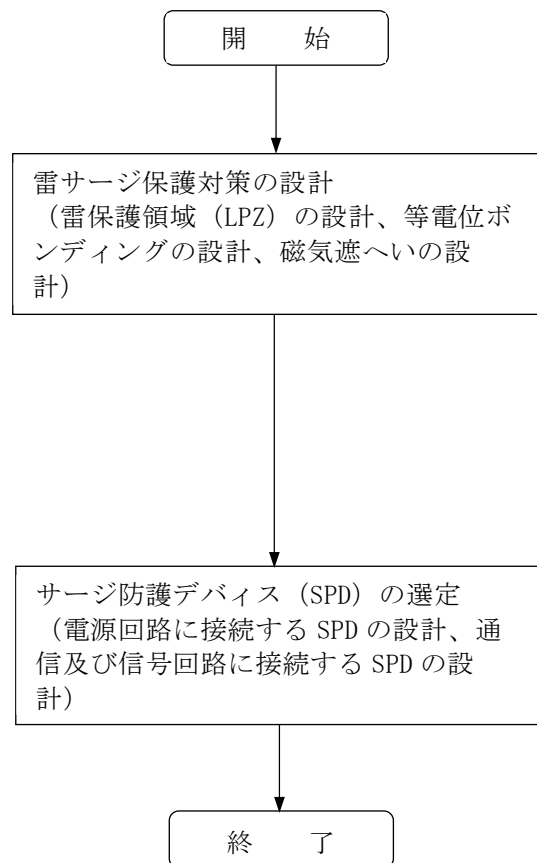
(4) 内部雷保護システムの設計

内部雷保護システムは、落雷時に雷電流が外部雷保護システム（受雷部・引下げ導線・接地システム）を通過することにより、建築物の各部分で発生する電位差による火災・爆発危険・人命危険のおそれを低減するための対策である。建築物の外部から引込まれる電力・通信ケーブル及び金属製の配管などと選定した保護レベルに応じた等電位ボンディング（SPD の使用を含む）、外部 LPS との絶縁（安全隔離距離確保）の設計を行う。

9.2.2 建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護の設計

(1) 建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護の設計手順

建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護の設計手順は、図 9.2-2 に示すとおりである。



【雷サージ保護対策の（雷サージの低減）設計の参考事項】

- ①雷保護領域 (LPZ) : 外部領域 (LPZ 0、LPZ 0_A、LPZ 0_B)、内部領域 (LPZ1、LPZ2、LPZn) に分類される。
- ②接地と等電位ボンディング：雷保護－第 4 部：建築物内の電気及び電子システム」と「建築物等の雷保護」の接地と等電位ボンディングは相互に関係するので、整合を図った対策を行うこと。
- ③通信・信号回線には、LEMP（雷による電磁インパルス）に対する影響がない光ファイバケーブルの採用を検討すること。

【SPD の選定の参考事項】

- ①SPD の種別（電源用、通信・信号用、同軸用、接地用）
- ②SPD の設置場所 (LPZ)
- ③電圧防護レベル（被保護機器との耐電圧協調）
- ④予想される雷サージ電流
- ⑤被保護機器の性能により SPD の選定（規格値：SPD の種類（クラス、カテゴリ）、最大連続使用電圧 (U_c)、公称放電電流 (I_n) など）

図 9.2-2 建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護の設計

(2) 雷サージ保護対策の設計

雷サージ保護対策は、雷による電磁インパルス (LEMP) によって建築物内部の電気・電子設備の機器に障害が発生しないように、LEMP の強度の異なる雷保護領域 (LPZ) の設定、電力・通信ケーブル及び金属製の配管などの LPZ 境界部分での共通接地へのボンディング、磁気遮へいによる対策である。

建築物の構造及び電気・電子設備の設置の条件から LPZ の設定、LPZ 境界部分での共通接地へのボンディング、磁気遮へいの設計を行う。

なお、地域特性・現場環境によっては、経済性を考慮した上で雷サージ保護対策を実施するものとする。

(3) サージ防護デバイス（SPD）の選定

サージ防護デバイス（SPD）を選定する手順は、雷害対策設計施工要領（案）・同解説（2019）を参考に図 9.2-3 に示すとおりである。

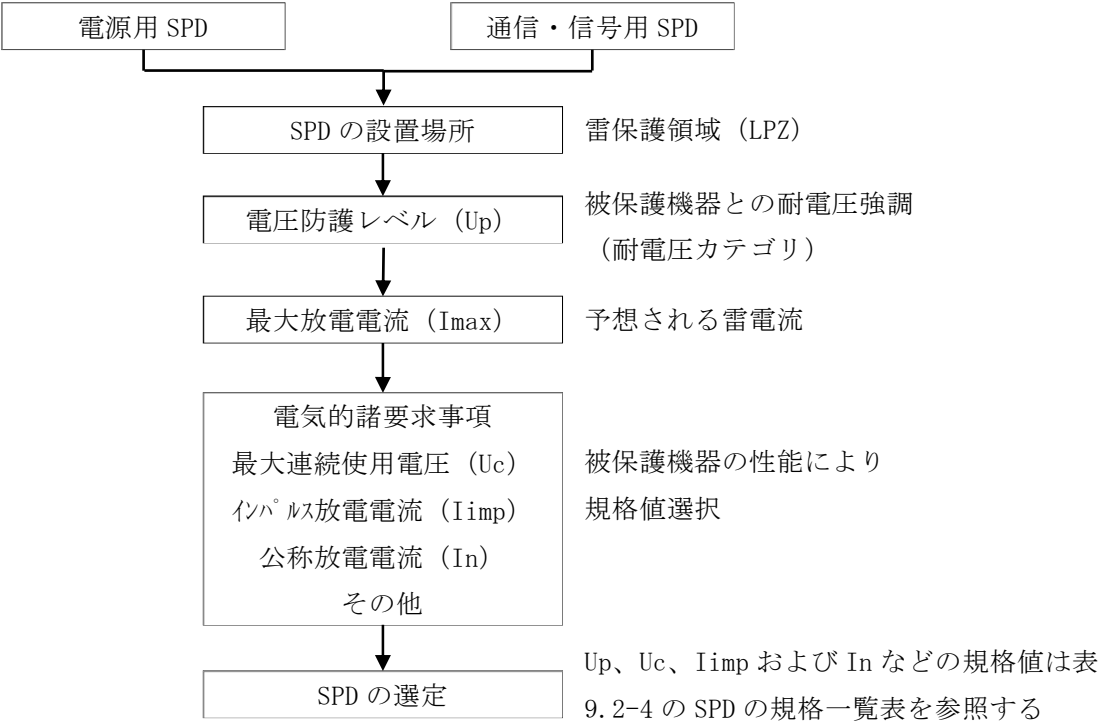


図 9.2-3 SPD の選定手順

電源用並びに通信・信号用 SPD を雷保護領域（LPZ）の境界に設置する。

① 電圧防護レベル U_p

被保護機器のインパルスに対する耐電圧以下に制限できるような、電圧防護レベルを選定する。SPD を設置する場所の電圧防護レベル及び SPD の選定例を表 9.2-1 及び表 9.2-2 に示す。

表 9.2-1 電源用 SPD の適用

雷保護領域 (LPZ) の境界	SPD に実施する クラス試験の種類	SPD の主な設置例	電圧防護レベル
LPZ0/LPZ1	クラス I、クラス II	電力引込口、主分電盤	4.0kV
LPZ1/LPZ2	クラス II、クラス III	分電盤、壁や床のコンセント	2.5kV
LPZ2/LPZ3	クラス II、クラス III	壁や床のコンセント、負荷機器	1.5kV

※配電盤システム電圧及び設置場所により電圧値は変更される。

(JIS C 0364-4-443 の表 44B を参照)

表 9.2-2 通信・信号用 SPD の適用

雷保護領域 (LPZ) の境界	SPD に実施する クラス試験の種類	SPD の主な設置例	電圧防護レベル
LPZ0/LPZ1	D1	通信線引込口、主配線盤	回線種別による
LPZ1/LPZ2	C2	配線盤、壁のコネクタ	
LPZ2/LPZ3	C1 または C2	壁のコネクタ、負荷機器	

② 最大放電電流 I_{max}

各回線に侵入が予想される雷電流値を処理できる SPD を選定する。各回線で予想される雷電流値を表 9.2-3 に示す。

表 9.2-3 各回線で予想される雷電流値

雷保護領域 (LPZ)		LPZ0/1	LP1/2	LP2/3
電源線	10/350* (直撃)	1-20kA	-	-
	8/20 (誘導)	0.05-20kA	0.05-10kA	0.05-5kA
通 信	10/350* (直撃)	0.5-2.5kA	-	-
	8/20 (誘導)	-	0.25-5kA	0.25-0.5kA

* 10/350 は雷電流の分流を考慮した波形である。

電源回路での雷電流値の範囲は、JIS C 5381-11 に規定されている最低数値と雷保護領域 (LPZ) で予想される最大電流値から規定した。

通信回線での雷電流値は、JIS C 5381-21 に規定されている電流範囲を規定した。

③ SPD の選定

落雷頻度や被害状況などを勘案した上で適切な性能を有する SPD を選定する。 U_p 、 U_c 、 I_{imp} および I_n などの規格一覧を表 9.2-4 に示す。

また、SPD は仕様により、価格や外形寸法が大きく異なることから、それを収納する盤の寸法や盤構成にも影響するため、注意が必要である。

表 9.2-4 SPD の規格一覧

性能項目	保護レベル	性能		試験クラス
定格電圧	-	100V/200V	400V	-
最大連続使用電圧 (U_c)	-	220V 以上	440V 以上	-
電圧防護レベル (U_p)	I ~ IV	2.5kV 以上	4kV 以下	I
インパルス放電電流 (10/350 μ s)	I・II	25kA 以上	25kA 以上	
	III・IV	12.5kA 以上	12.5kA 以上	
電圧防護レベル (U_p)	I ~ IV	1.5kV 以下	2.5kV 以下	II
公称放電電流 (8/20 μ s)	I・II	10kA 以上	10kA 以上	
	III・IV	5kA 以上	5kA 以上	

(公共建築工事標準仕様書及び JIS C 5381-12 より)

④ 耐雷トランスの適用

機器の雷対策は、基本的に SPD を使用して対策を実施することになっているが、「等電位化が明確でない場合の補完」「保護協調の確保」「誘導雷及びノイズ障害の抑止」のいずれかの効果を期待する場合は、SPD を補完するものとして耐雷トランスを使用する。耐雷トランスには、電源用耐雷トランス（絶縁形／放流形／耐圧保障形／分離接地形）と通信用耐雷トランスがあり、耐雷トランスの選定に当たっては、目的、用途に応じて適切な形式を選択する。

SPD と耐雷トランスの主な違いについて、表 9.2-5 に示す。

表 9.2-5 SPD と耐雷トランスの主な違い

No	種 類 比較項目	SPD（避雷器）	耐雷トランス（絶縁形）
1	雷サージ保護方式	等電位化方式 保護素子でサージを大地に放流して電圧を抑制し、機器を保護する。	絶縁方式 SPD でサージを放流すると共に、トランスでサージを絶縁して機器を保護する。
2	サイズ	60～100mm 程度 小型ブレーカ程度	300～1,000mm 程度 構造および容量によって大きく変わり、容量が増えると大型化する。
3	重量	0.5kg 程度	20kg 程度 電源の電流容量が増えると大型化する。
4	接地	SPD の接地は、被保護機器の配線接地は共通で良い。	一次側と二次側の接地を別接地とし、二次側接地を一次側接地と絶縁する必要がある、二次側の設備を完全に周囲から絶縁する必要がある。
5	雷サージに対する保護性能	雷サージを機器が耐えられる電圧（1,500V 程度）までに抑制する。大きな雷サージが通電した際に破損する恐れがあり、定期的な交換が必要となる。	SPD で雷サージを大地へ逃がすとともに、トランスでサージを絶縁化する。さらに、シールドを用いて二次側に出力される雷サージを 1/100～1/1,000 に減衰する。

9.3 雷害対策施工例等

9.3.1 SPD 等の設置例

中央管理所、TM・TC 子局、放流警報局の SPD 等の設置例を図 9.3-1～図 9.3-3 に示す。

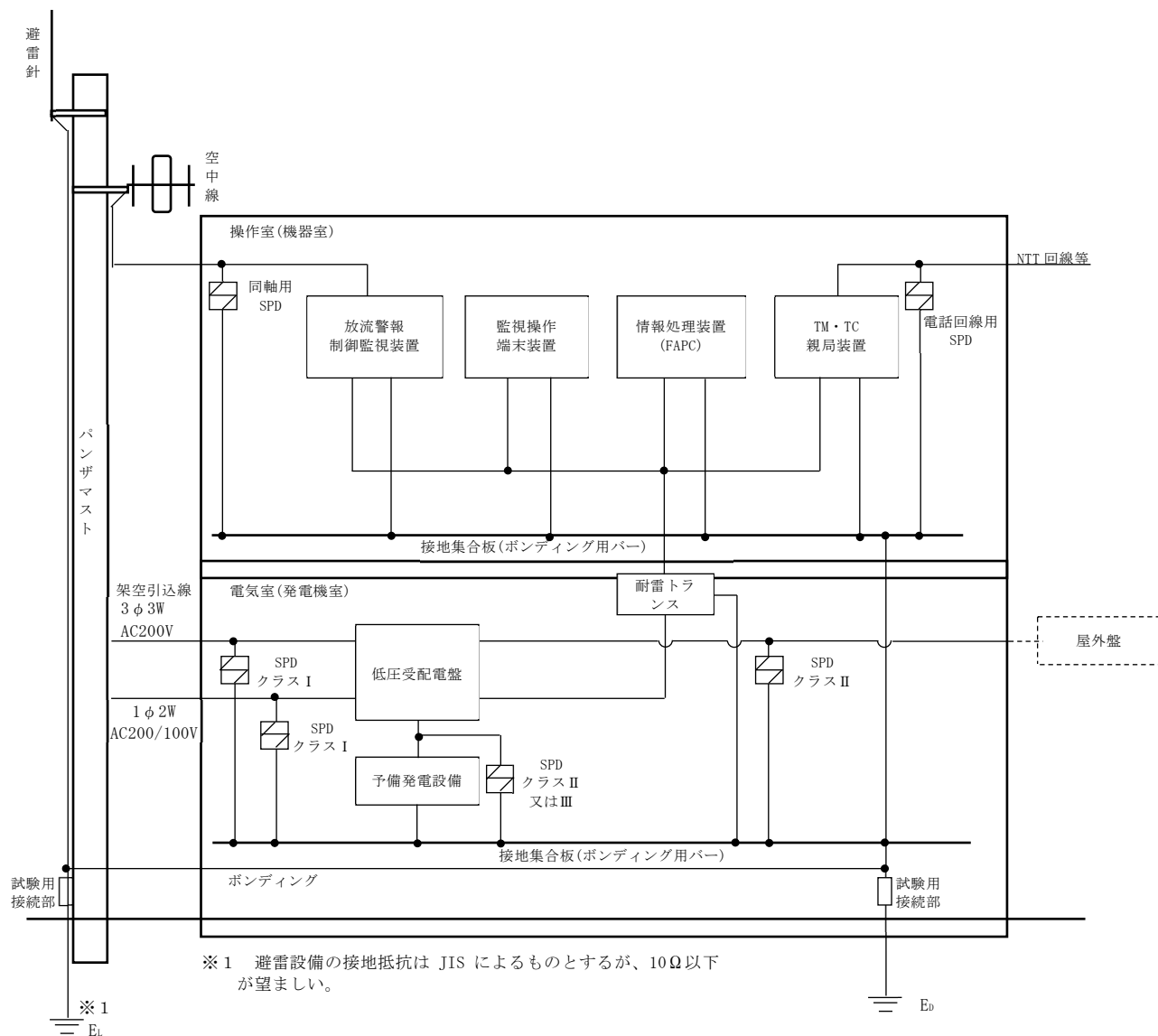


図 9.3-1 中央管理所の SPD 等設置（例）

中央管理所においては主電源に耐雷トランスが設置され雷害対策が実施されている場合が多く、主電源から各装置までの距離も短く、中央管理所の建屋内に設置されていることから、SPD は引込側及び建物外の設備との配線に取り付ける例が多い。

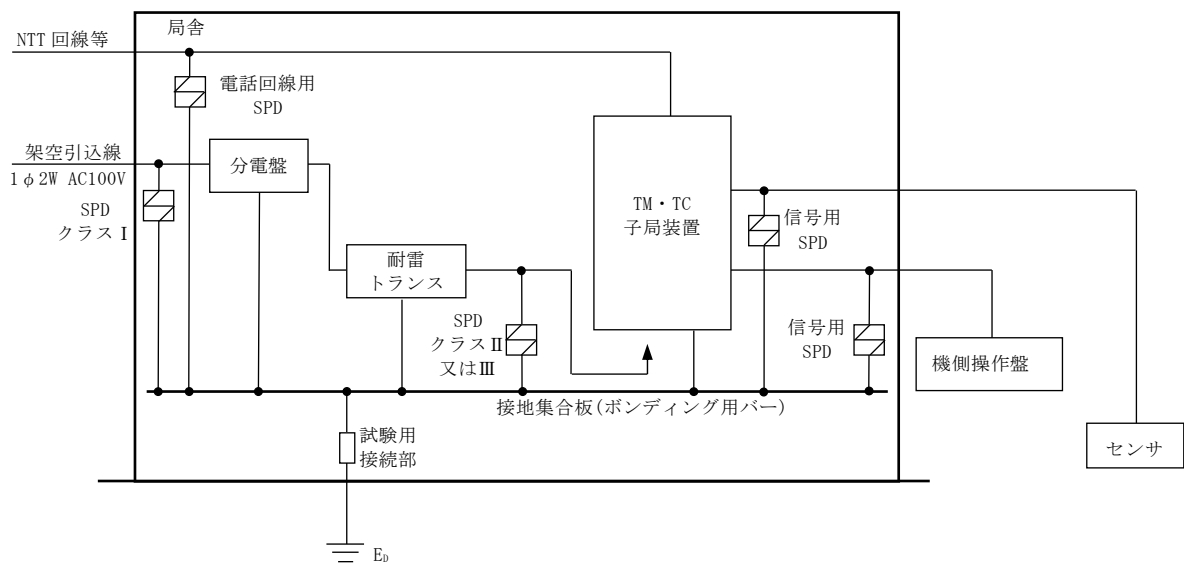


図 9.3-2 TM・TC 子局の SPD 等設置 (例)

TM・TC 子局においては主電源に耐雷トランスが設置されていても、雷害が多く誘導雷による被害が想定されることから各装置に SPD を取り付けている例が多い。

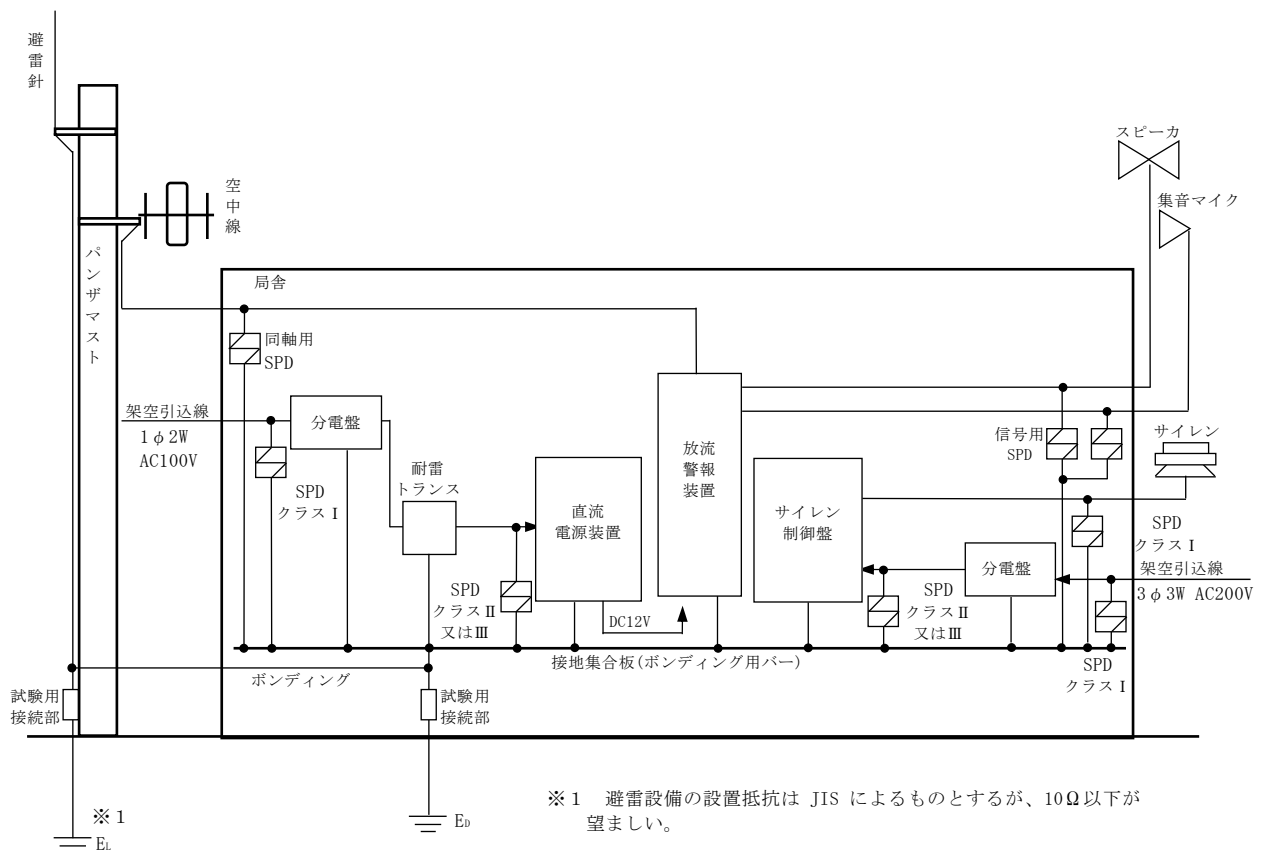


図 9.3-3 放流警報局の SPD 等設置 (例)

放流警報局においては雷害が多い場所に設置されることが多く、誘導雷による被害が想定されることから耐雷トランスと直流電源装置の間に SPD を取り付けている例が多い。

9.3.2 SPDの種類と主な用途・設置場所例

SPDの種類と主な用途及び主な設置場所は表9.3-1、表9.3-2に示す。

表 9.3-1 SPDの種類と主な用途

電源用 SPD	通信用 SPD	主な用途
クラスⅠ *1	カテゴリ D1 *2	直撃雷による雷電流の一部が、建築物に引込まれる低圧配電線及び通信線等に分流するおそれがある場合
クラスⅡ *1	カテゴリ C2 *2	誘導雷から被保護機器を防護する場合

(注) *1 JIS C 5381-11「低圧配電システムに接続する低圧サージ 防護デバイスの要求性能及び試験方法」による。

*2 JIS C 5381-21「通信及び信号回路に接続するサージ防護デバイスの所要性能及び試験方法」による。

表 9.3-2 SPDの種類と主な設置場所（例）

雷保護領域 (LPZ)	LPZ 境界 (SPD 設置)	種 別	クラス・カテゴリ	主な設置場所
LPZ 0 _A 、 LPZ 0 _B	LPZ0 _A 、LPZ0 _B と LPZ1	電源用 SPD	クラスⅠ、Ⅱ	・電力引込口（引込盤内） ・通信引込口（MDF 内） ・その他 LPZ0_A、LPZ0_B の領域から屋内に引込導電性部分
LPZ 1		通信用 SPD	カテゴリ C2、D1	
LPZ 2	LPZ1 と LPZ2	電源用 SPD	クラスⅡ	・分電盤内 ・制御盤内 ・端子盤内
		通信用 SPD	カテゴリ C2	

9.3.3 SPDの仕様例

電源用 SPD のクラスⅡ、通信用 SPD のカテゴリ C2 の仕様例を表 9.3-3 に示す。

なお、個々の水管理制御システムに設置する SPD 仕様は、第Ⅲ編 9.2.2 項の建築物内の電気・電子設備の雷サージ保護の設計に基づき選定すること。

表 9.3-3 SPDの仕様（例）(1/2)

種 別	仕 様 例		備 考
電源用 SPD (低圧用)	適用規格	JIS C 5381-11 クラスⅡ試験	
	定格電圧	単相 2 線式 100V	
	最大連続使用電圧 (U _C)	AC 110V 以上	
	定格負荷電流 (I _L)	10A	SPD が直列接続の例
	最大放電電流 (I _{max})	10kA 以上 (8/20 μs)	
	公称放電電流 (I _n)	5kA 以上 (8/20 μs)	
	電圧防護レベル (U _p)	1,500V 以下	
	応答速度	10ns 以下	
	故障表示	有	
通信用 SPD (専用線用)	適用規格	JIS C 5381-21 カテゴリ C2 試験	
	最大連続使用電圧 (U _C)	170V 以上	
	定格電流	85mA	
	最大放電電流 (I _{max})	10kA 以上 (8/20 μs)	
	使用周波数帯域	3.4 kHz 以下	
	挿入損失	1.5dB 以下	
	電圧防護レベル (U _p)	500V 以下	

表 9.3-3 SPD の仕様（例）（2/2）

種 別	仕 様 例		備 考
通信用 SPD （専用線用）	インパルス耐久性	2kA 以上（8/20 μ s）	
	応答速度	10ns 以下	
	故障表示	有	
通信用 SPD （LAN 用）	適用規格	JIS C 5381-21 カテゴリ C2 試験	
	最大連続使用電圧 (U_c)	5V 以上	
	定格電流	100mA 以上	
	最大放電電流 (I_{max})	10kA 以上（8/20 μ s）	
	使用周波数帯域	100MHz 以下	
	挿入損失	3.0dB 以下	
	電圧防護レベル (U_p)	600V 以下	
	インパルス耐久性	5kA 以上（8/20 μ s）	
	故障表示	有	
通信用 SPD （信号用：DC 4～20mA）	適用規格	JIS C 5381-21 カテゴリ C2 試験	
	最大連続使用電圧 (U_c)	27V 以上	定格電圧が 24V の例
	定格電流	100mA	
	最大放電電流 (I_{max})	10kA 以上（8/20 μ s）	
	電圧防護レベル (U_p)	500V 以下	
	インパルス耐久性	10kA 以上（8/20 μ s）	
通信用 SPD （CCTV 用同軸 ケーブル）	適用規格	JIS C 5381-21 カテゴリ C2 試験	
	最大連続使用電圧 (U_c)	30V 以上	
	定格電流	200mA	
	最大放電電流 (I_{max})	10kA 以上（8/20 μ s）	
	使用周波数帯域	10MHz 以下	
	挿入損失	1.5dB 以下	
	電圧防護レベル (U_p)	1,000V 以下	
	インパルス耐久性	10kA 以上（8/20 μ s）	
	故障表示	有	
耐雷トランス	適用規格	JEC 2200（変圧器）準用	
	インパルス耐電圧	10kV 以上（1.2/50 μ s）	
	サージ移行率	1/1,000 以下（-60dB 以下）	平衡時（設置間）

（注）通信用 SPD の最大放電電流は、JIS では仕様書の要求事項ではないが、SPD メーカーカタログ等に記載されている例が多いため記載することとした。

参考・引用文献

- 9-1 社団法人 建設電気技術協会（2019 年）：雷害対策設計施工要領（案）・同解説
- 9-2 （株）建設出版センター 建築設備設計基準（令和 3 年度版）
- 9-3 JLPA 日本雷保護システム工業会（2016）：設計・施工者のための建築物等及び電気・電子設備の雷害対策 雷害対策設計ガイド