

農業用電気設備・通信設備の雷害対策の基礎

垣内 健介

1. まえがき

農業分野の近代化によって、農業生産の安定性、効率性が高められ、収益の向上が見込まれています。しかし、農業用の電気設備や通信設備が、自然災害などにより停止するリスクは、農業近代化に伴い、大きく上昇しています。中でも雷は、発生頻度が高く、容易に各種設備に障害（雷害という）を引き起こします。

雷害対策は、落雷から建築物や人命（家畜、財産を含む）を保護する“外部雷保護システム^{注1)}の構築”と、落雷によって生じる雷サージ^{注2)}から電気・電子システムを保護する“雷サージ保護対策”に分けることができます。中でも、“雷サージ保護対策”は、各種設備の雷保護においてとても重要です。

一社公共建築協会出版の建築設備設計基準では、“雷サージ保護対策”として、雷保護ゾーンLPZ（Lightning Protection Zone）の設定、接地と雷等電位ボンディング、引込口、分電盤、端子盤へのSPDの設置とSPDのクラス又はカテゴリの決定などを定めています。しかし、各種設備を雷から保護する詳しい手法は定めていません。そのため、今回は、SPDを用いて、農業用の電気設備・通信設備を雷から保護する手法を詳しく解説します。

注1) 外部雷保護システム（外部LPS）は、受雷部システム（避雷針など）、引下げ導線システム、接地極システムで構成する。

注2) 落雷時に生じる瞬間的な過電圧や過電流

2. SPDとは

落雷の影響は、周囲数キロメートルの範囲にわたるといわれています。特に電源線、通信線、接地線などのメタルケーブルを外部から引き込む機器では、周囲

で発生した落雷の影響を受けやすく、雷害が生じやすい傾向があります。このような（周囲への）落雷によって電源線、通信線、接地線から侵入する雷サージから機器を保護する手法として最も一般的な方法は、SPD（Surge Protective Device：サージ防護デバイス）の設置です。

SPDは、雷サージが侵入する電源線や通信線と接地との間に取り付けます。SPDは、通常時はオフ状態ですが雷サージの侵入時にオン状態となり、雷サージを接地に逃がしたら、オフ状態に戻ります（図-1）。

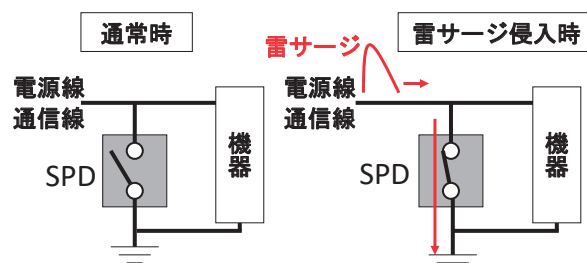


図-1 SPDの動作のイメージ

しかし、SPDは、「SPDは雷を吸収する」、「接地に流れた雷サージは地球に流れて、その他には流れない」、という誤ったイメージを持たれやすく、SPDを設置して接地線をつなぐだけで機器を保護できると勘違いされやすいのも事実です。

実際には、以下のポイントを理解することでSPDの動作が正確にイメージできます。

ポイント1：雷サージは機器を破壊し、侵入とは異なる方向へ流出する

雷サージは、必ず電位（電圧と同じ）が高い方から低い方に流れます。その際に雷サージの流れるルートに機器がある場合、機器は故障します（図-2）。

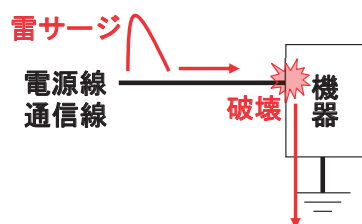


図-2 雷サージによって機器が故障するイメージ

ポイント2：SPDは雷サージの流れるルートを変更する

雷サージの流れるルートを機器ではなく、SPDへとルートを変更することで機器を保護します（図-3）。

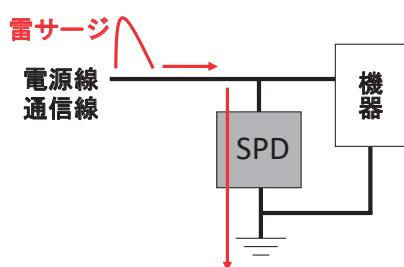


図-3 SPDで機器を保護するイメージ

ポイント3：接地は雷サージを吸収しない（接地は雷サージの流入により電位上昇し、雷サージは電位のより低い方に流出する）

電源線と外部より引込んだ通信線の両方を接続し、筐体を接地する機器があるとします。電源線から侵入する雷サージからこの機器を保護するために電源線だけにSPDを取り付けました。この機器の保護は可能でしょうか？

答えは、保護できません。なぜなら、接地には接地抵抗があるため、雷サージの流入によって接地の電位が上昇するからです（図-4）。

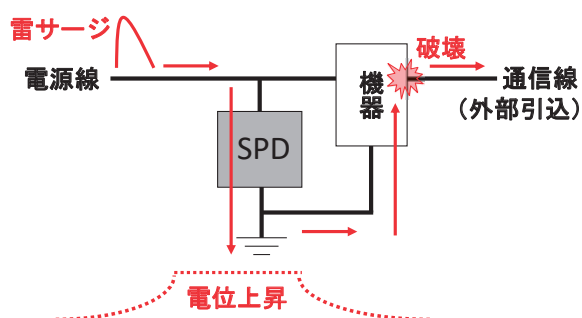


図-4 接地の電位上昇で機器が壊れるイメージ

この接地電位の上昇は、雷サージ電流が1 kAで、接地抵抗が10 Ωであれば、オームの法則より10 kVとなります。つまり容易に機器の接地と通信線との間の絶縁を破壊し、雷サージは外部より引込む通信線にも流出します。

この問いの正しい対策は、SPDは、電源線と接地との間だけではなく、必ず外部より引込む通信線と接地との間にも取り付けることです（図-5）。

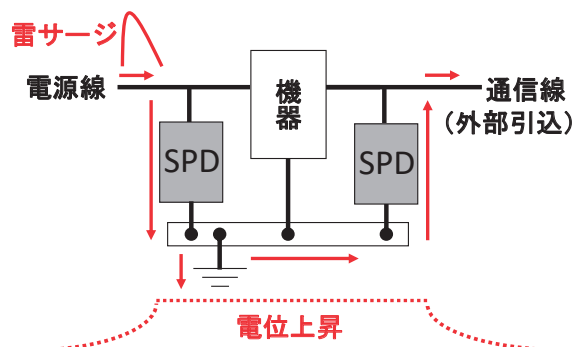


図-5 接地の電位上昇から機器を保護するイメージ

ポイント4：SPDの接地と機器の接地を別にしない

図-3のように、雷が流れるSPDの接地と機器の接地を共通にすると機器が雷の影響を受けてしまうのでは？と思うかもしれませんが、しかしこれは誤ったイメージです。SPDの接地と機器の接地を別にする、機器の保護ができません。なぜなら、SPDの動作によってSPDの接地は電位上昇し、雷サージは機器を破壊し、機器の接地へ流れるためです（図-6）。

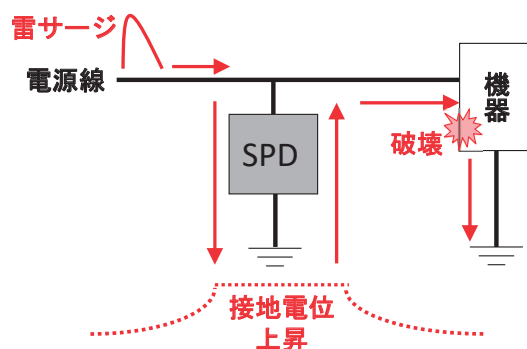


図-6 SPDの接地と機器の接地を別にするイメージ

3. 電気設備・通信設備の雷サージ保護対策

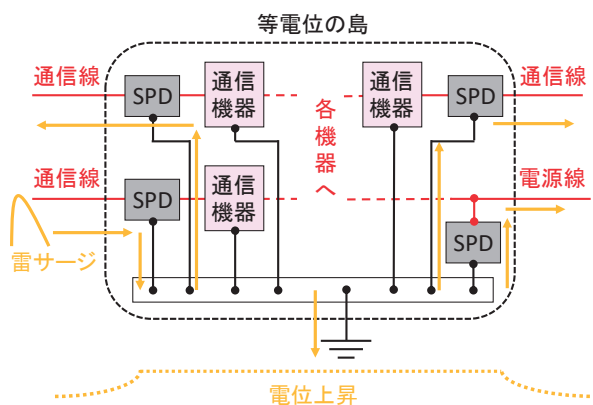
電気設備・通信設備の雷サージ保護対策では、“等電位の島^{注3)}”のイメージが重要です。“等電位の島”とは、私の造語ですが、同じ接地の上（等電位ボンディング上）に設置している機器群のことを示しま

す。“等電位の島”は、等電位にできる最小単位、すなわち雷サージ保護対策の最小単位を表し、雷サージ保護対策は、この“等電位の島”ごとに実施します。

“等電位の島”では、次の手順で雷サージ保護対策を検討します（図－7）。

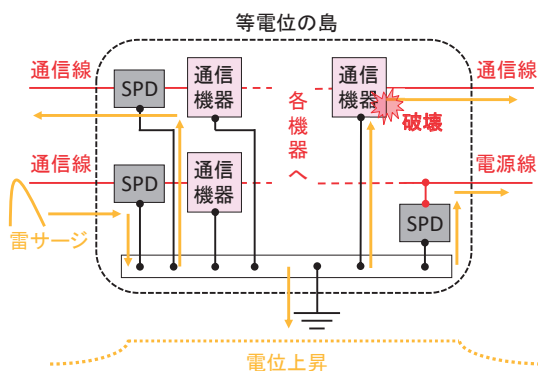
- ①共通の接地とすること（等電位ボンディング）が可能な機器群を“等電位の島”とします。
- ②“等電位の島”から外部に引出す（引込む）電源線および通信線にSPDを設置します。
- ③SPDの接地と各機器の接地は共通とします。

注3）外部雷保護システム（外部LPS）がある建物で、雷保護ゾーン（LPZ）の概念を用いる場合、“等電位の島”は各LPZ 1やLPZ 2と等しい。



図－7 “等電位の島”のイメージ

なお、“等電位の島”では、雷サージの侵入により、島全体の電位が上昇するため、外部に引出す（引込む）電源線および通信線の一つでもSPDを設置しない箇所がある場合、雷サージは、その機器を破壊して外部に流出します（図－8）。



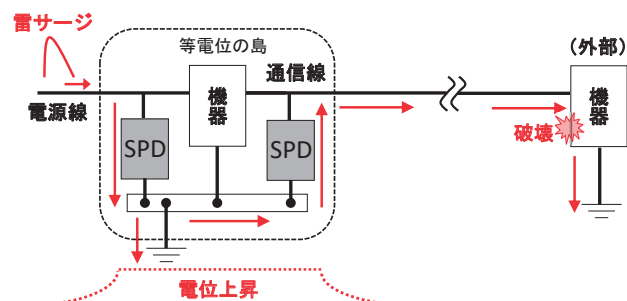
図－8 “等電位の島”での誤った雷サージ保護対策

4. 対向機器の保護

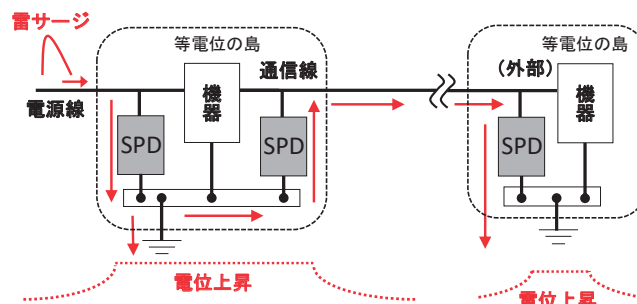
“等電位の島”から通信線で外部の機器を接続しています。等電位の島に電源線から雷サージが侵入しました。外部の機器はどうなりますか？

答えは、外部の機器の保護できません。なぜなら、“等電位の島”の電源用SPDの動作により、“等電位の島”の接地が、電位上昇するためです（図－9）。結果、雷サージは、“等電位の島”の通信用SPDを通り、外部の通信線へ流出し、外部の対向機器を破壊して、機器の接地に流れます。

この問いの正しい対策は、外部の機器側も“等電位の島”とし、対向機器側にもSPDの設置と、接地の共通化を行うことです（図－10）。



図－9 対向機器の保護ができないイメージ



図－10 対向機器の保護のイメージ

5. 電気設備・通信設備の雷サージ保護対策例

最後に、各種設備の雷サージ保護対策例を紹介します。

（1）通信設備の構成が1対1形の例

建物内のネットワークと別の建物内のネットワークを通信線で接続するケースにおける“等電位の島”とSPDの設置例を図－11に示します。

（2）通信設備の構成がスター形の例

建物内の監視装置から、外部に設けた複数の機器（センサーなど）に対し、通信線と電源線を接続するケースにおける“等電位の島”とSPDの設置例を図－12に示します。

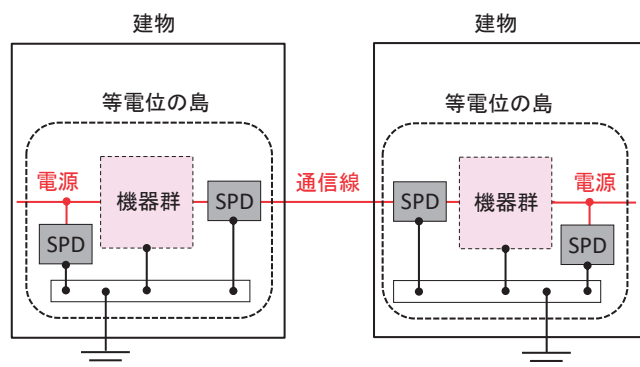


図-11 建物と建物間を通信線で接続の例

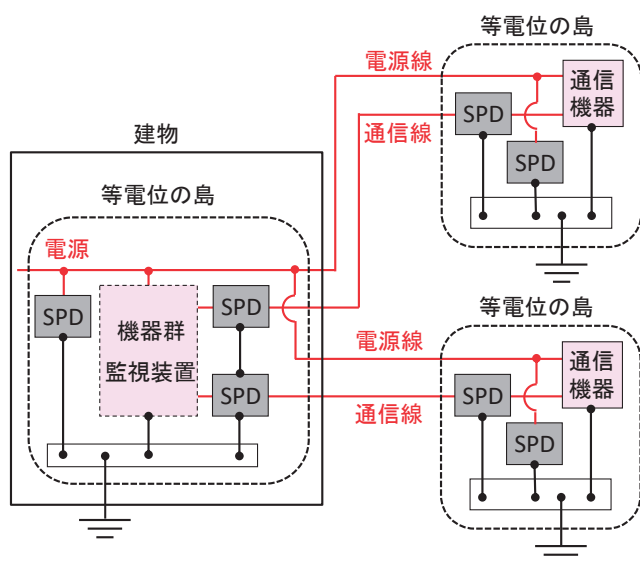


図-12 外部に複数の機器を接続の例

(3) 通信設備の構成がバス形の例

RS-485や CC-Link などのバス形の配線では、通信機器が点在することが多いため、図-13のように“等電位の島”を設け、SPDを設置します。

しかし、通信・信号用 SPD には、1 台毎に静電容量成分や抵抗成分を含むため、一本の通信ケーブルに多くの通信・信号用 SPD を設置すると、信号ロスの影響で、通信ができなくなる恐れがあります。そのため、図-14のように、複数の通信機器が比較的近くにある場合、それを“等電位の島”として対策することができます。この場合、通信線に設置する通信・信号用 SPD の入出力は、“等電位の島”の外側を雷サージが侵入する側の端子（入力端子ともいう）とし、“等電位の島”の内側を被保護機器側の端子（出力端子ともいう）とする必要があります。また、図-13に示す方法と、図-14に示す方法を混在させることもできます。

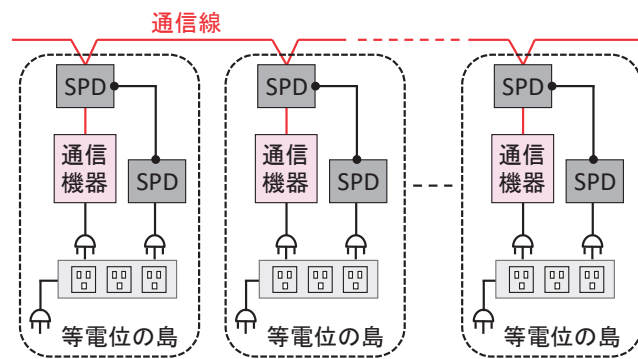


図-13 バス形の配線で、全ての通信機器にSPDを設置する例

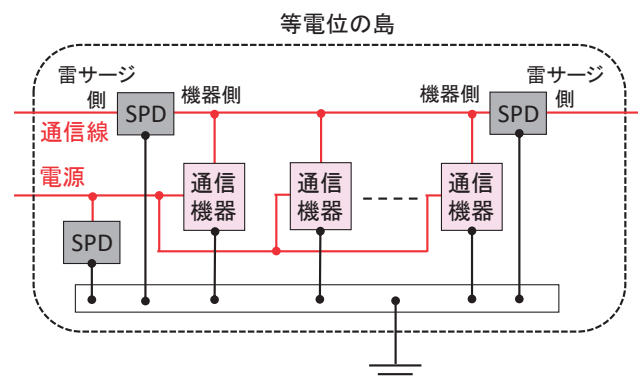


図-14 バス形の配線で、通信機器が比較的近くにある場合の例

(4) 監視カメラ (PoE) の例

最後は監視カメラ (PoE) の雷サージ保護対策例です (図-15)。

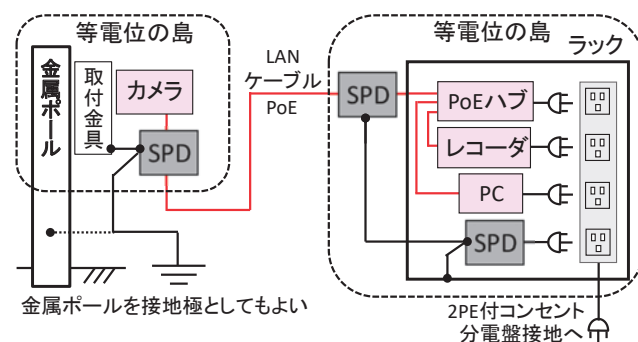


図-15 監視カメラ (PoE) の例

6. おわりに

適切な雷サージ保護対策を実施することで、侵入する雷サージは、低減することが可能です。今回紹介したイメージと手法によって、農業用の電気設備・通信設備の雷害を低減することで、我が国における農業生産の安定と向上に寄与できれば幸いです。