

球形の避雷針（避雷球）について

Completely new anti-lightning measure, ALB (Anti-Lightning Ball)

＜地上への放電を抑制し、なるべく落雷を発生させないことで、被害を抑制する避雷球＞

(株)落雷抑制システムズ 松本 敏男

1. はじめに

本稿のタイトルには「避雷針」とあるが、避雷針という言葉は、法的には「死語」となり、現在は、受雷部、引き下げ導線、アース（接地）の3つから構成される「避雷設備」と呼ばれている。このうち、先端の受雷部は、日本では長い間、「避雷針」と呼ばれ「雷」を「避ける」「針」と信じられ、避雷針があるから安全との思い込みもあるが、実は雷を被るための「被雷針」であり、雷を呼び込んだがための事故も多々あり、被害を低減するなら落雷は、なるべく呼び込まないことが望ましく、ここではそのために避雷球を紹介する。

避雷設備の目的は、雷撃を受けた時に安全に雷撃を地中に拡散することであり、本製品は、この目的に沿って雷撃を受けた場合には、雷電流を安全に地中に逃がすが、その雷撃をなるべく受け難いことを目的としているが、雷撃を全く受けないことを目的にはしていない。

2. 避雷針の歴史

落雷とは、上空の雷雲の底部に溜まったマイナス電荷と地上に静電誘導で溜まったプラス電荷との間での放電現象である。身近な「落雷」としては冬季にカーペットの上を歩くとプラス電荷が人体に溜まり、ドアノブなどの金属に接触すると放電が発生し、指先にビリッとするのも落雷と同じ現象である。ドアノブは、どこにもアースなどされていないが、指が近付くと人体のプラスと反対のマイナス電荷が静電誘導



で現れ、ドアノブの反対側にはマイナス電荷が打ち消すプラス電荷が生じ、ドアノブ全体としてはプラス・マイナス・ゼロあるが、人体とドアノブの間で放電が生じる。

静電放電である落雷は地上に被害をもたらすために、この被害を低減する試みは270年近くも昔から行われてきた。それが米国の政治家でもあり研究者でもあったベンジャミン・フランクリンにより発明された「避雷針」であり、滅多やたらな所に落雷するよりは、落雷を誘導して、安全を図るものであった。この時代は、発明王エジソンが生まれる100年以上も前で、灯りといえば鯨油のランプが主流であり、電気的な副作用など何の心配もない時代であったが、現在のように電気が安全な社会生活を支える時代ともなると、雷電流を避雷針に誘導すれば良いという考えは時代に合わなくなっている。

避雷針は地面にアースされていても、雷雨の時には道路が冠水するくらいの激しい降雨を伴い、避雷設備を流れてきた雷電流が地中へと素直に流れる場合ばかりではない。濡れた地面であれば軽く100m以上も伝搬し、地上に設置された電気器具を破壊し、電力線に入り込み被害を及ぼすこともある。

3. 落雷事故を低減するには

「守り」の基本は、敵を自分の陣地に入れないことで、例えば、「城づくり」では、城の周囲を堀で囲み、水をたたえ、イザという時には大手門の橋まで自ら落として相手を内部に入れない…というのは昔からの常識である。ワザワザ、落雷を自身の施設に招き入れるという考え方は、基本からして正しくはなく、なるべく招き入れないことが望ましい。例えば、真夏に多い、多くの観客を集めた野外音楽イベントなど、会場の周囲に避雷針を配置し、そこに落雷を招き、会場内に落雷させないようにと避雷針を設置するなどの対策を施すが、避雷針に落雷すれば雷電流が地面を流れ、それが観客に被害を及ぼしては何の効果もなくなる。落雷は招かないのが一番の対策なのである。

内部雷対策における「SPD：サージ保護器」にしても、雷サージを保護対象に加えないのが基本で、そのような内部雷対策をしながら、外部雷対策では、ワザワザ落雷を招くことは矛盾する。では、落雷を招かない方法などあるのかというと、これは約20年程度の歴史をもつ落雷抑制型避雷針PDCEである。当社だけでも日本国内に於いて4,000台以上も使用され、利用者からは感謝されている。この技術を説明する前に、まずは、落雷がどのように発生するのかを理解する必要がある。

4. 落雷が発生する過程

落雷は一方的に上空から地面に向かうのかといえば、そうではない。最近では、1秒間に30万フレームを超えるような超高速での撮影が可

能になり、落雷の様子をつぶさに観測可能となっている。雷雲が発生すると、雲の中での放電、雲と雲の間の放電などが約8割を占め、対地放電は約2割程度であることが観測されている。地上に生活するものとしては、上空での放電はほぼ問題なく、困るのは地面に落雷する対地放電である。

さて、地面に避雷針のような針が上空に向かって付いていたとしても、針の先端のような微小面積を上空から見分けることは可能だろうか。数千メートルの上空から見れば、地面のデコボコ具合は、高々300m程度の高層ビルがあったとしても、上空からの放電点の先端が、地面の高さを識別できるとは考えられない。であるから、地上からの高さが問題なのではない。

では、どうして避雷設備の先端に放電し易いかといえば、それは「高さ」が要因ではなく「電氣的」な要因がある。地面の一点と雷雲を結びつけるのは、避雷設備の先端から上空へと向かう「お迎え放電」が発生するからであり、この地面からの放電は、通常、地面と同じプラスの極性を持った放電である。一方、雲の底から地面に向かう放電はマイナス極性であるので、このプラスとマイナスが互いに引き合い結ばれることで地上と雷雲の間を結ぶ放電路が形成され、次に雷雲から大きな電荷がこの放電路を流れて流れるのが落雷である。お迎え放電が上空に向かい、上空からの先行放電と結ばれる動画は、高速度撮影が可能になってから多々存在する。高速度カメラを用いて時間軸を短い単位で物事を見れば別の世界が見えるのである。

我々、人間が目にしていない世界は自然界の極一部の現象であることを忘れてはならない。周波数領域でも可視光線という一部の波長帯でしかものを見ていないし、分解能に於いてもミクロのレベルまで見ることはできない。自分の五感だけを信じてはならず、自然界の現象は、人間の五感をはるかに超えた領域で発生している。その中には、自然現象の発生をも防ぐヒントが隠されている場合もある。

5. お迎え放電の発生を防止する

このお迎え放電というキッカケがあって、そこに落雷が招き寄せられるなら、このお迎え放電を発生させないようにするのが重要である。落雷抑制型避雷針PDCEは上下電極を対向させた構造である。地面と導通されている下部電極の上に金属製の上部電極を絶縁性の樹脂を用いて機械的に固定したもので、下部電極からのお迎え放電を上部電極がシールドする形で防いでいるが、例えば、クレーンの先端や風力発電のブレードの様に取付角度が変化し、必ずしも鉛直でなくなるような場合には効果を発揮し難い。また、下部電極からのお迎え放電も抑制するのは構造的に無理がある。一方、高層ビルの屋上や壁面を落雷から防護するために、PDCEの断面構造を保持した長手のモノを廉価に作れないかと試行錯誤した結果、パイプとその中に丸棒を入れる構造を考案し、これが放電防止に寄与することを放電実験で確認した。これはいわゆる同軸構造で、同軸ケーブルが落雷防止に使えるならと期待は膨らんだが、実験で判明したのは、外側パイプがある程度大きく、内部の丸棒との距離も影響するということであり、同軸ケーブルの夢は消えたが、丸棒をある程度の太さを備えたパイプで囲み、その両端を絶縁材料で固定した構造が放電し難いことは実験を重ねて確認した。この結果、次の2つの事実から球形こそが最終の形状であることに至った。

- ① 下部電極に落雷し易ければ、上部電極を大きくして下部電極を覆うことで球形に近付く。
- ② 水平型の中心点に垂直軸を想定して、この垂直軸を中心に水平回転する内部の丸棒と外側のパイプで形成される二重球体の構造になる。

こうして避雷球が誕生した。

6. 避雷球の効果

当社では放電試験は、フランスにて「フランス規格NF C17」で行っている。同等の試験は

日本国内の設備では行えないのか？という質問を受けるが、これは試験設備の話ではなく、試験規格が問題なのである。例えば、素材としての金属の強度などは、製造メーカーが勝手に独自の方法で行うのではなく、国の工業規格で、試験方法から評価までが規格として規定された手順に従っている。各社は内部試験としては独自の試験を行っても最終ユーザーの判定は工業規格に基づく試験である。避雷設備に関しては、日本のJIS規格はもとより、その原本であるIEC規格にも規定そのものが存在しない。国により規定された工業規格がないままの試験というのは、私的な裁量による試験であり、企業の内部でしか通用しない。

当社はフランスのポー大学でフランス規格に基づいた試験を行っているが、これは避雷針の性能比較をするための規格で、通常の参照用避雷針で放電する電圧を最初に求め、これと試験対象の避雷針の放電電圧を比べるものである。この試験では、放電電圧が低いほど、避雷針としての性能が勝ると評定される。標準の参照用の避雷針よりも低い電圧で放電したということは、それだけ雷雲の近くにいるのと同じこと、というのは見かけ上、高い位置に設置しているのと同じで、高い位置にあれば、保護範囲も広くなるとの評価となる。当社のPDCEや避雷球は反対に、参照用の避雷針で放電した電圧でも未だ放電しない。つまりお迎え放電を出さず、雷が落ち難いという証となる。放電電圧というのは、その日の湿度やエアロゾルの影響を受け変化するので、一連の試験は同じ日のうちに一気に試験を行う。最初に参照用の避雷針を用いて、これが100%確率放電する電圧を求め、次に試験用の避雷針にその電圧を加えて放電するか否かを繰り返す。

例えば参照用の避雷針が500kVで放電しても、PDCEであれば600kV近辺まで放電しないし、避雷球の場合には750kVを超えても放電しないことを確認している。放電し難いということは、お迎え放電を発生し難いということであり、強

力な雷雲が現れても、今までの避雷針であればお迎え放電を発生し、落雷を招くことになるが、この避雷球であれば、よほど強い雷雲が現れなければ落雷を招きにくい。

7. なぜ、

落雷を抑制しなければならないのか

避雷針が発明されて270年、避雷設備の研究／開発などづくりに完了し、新製品など出る幕はないと思込んでいる方は多い。日本には雷を研究する学者さんは500人程度はおられると推測するが、その関心の多くは雷自体、気象学としての雷や、大気中の気象を離れ宇宙気象にまで及んで雷の研究は進んでいるが、地面への落雷被害を低減しようという試みは、主として落雷被害での影響の多い産業界、例えば長大な電気設備を所有する電力会社、通信会社などを中心に行われてきた。これらは余り学究的な研究ではないため、この分野を研究する学者の方はほとんどいない。

一方、夏場では温暖化が進み、気象現象は激しさを増し、我々の社会生活の安定を支える電気／電子製品を落雷被害から保護することは非常に重要である。その対策が、電気が発明される以前の270年前の手法を用いていることに何の疑問も抱くことなく避雷針に落雷を呼び込んで地中に流せばよいと思込んでいること自体が誤りなのである。270年の間に産業界として確立され、利権と法律により保護された業界からは新しい試みなど生まれず270年前に発明された方法をひたすら守り、それを改善しようとする動きには圧力を加えるようなやり方は、中世においては宗教界が科学の世界に圧力を加えてきたのと同様な動きともいえる。そのようなしがらみを離れて何が必要なのかを純粹に追い求めれば、落雷はなるべく受けないようにすることが理に叶っている。

8. 規格との整合性

「規格こそわが命。規格を守ることは命よりも

大事」のように考える方からは、規格で決められている受雷部としてはIEC規格では単に「Rod」。それを和訳したJIS規格で「棒（突針）」と規定されているのに棒の先に球形の物体などがあっては「棒」ではないであろうとご指摘になるのは理解できるが、避雷球は棒の先端に取付けられていて、その根元は「棒」である。規格に於いては、棒の先端に付帯物が付いてはいけないとの規定はなく、棒について材質とその厚さの規定があり、それには当然、適合するものであり、大地に向かって、その棒の下に引き下げ導線が必要で、更にその下部には接地が必要で、雷撃を受けた場合には安全に雷電流を大地に拡散するという機能も規格に沿ったもので今まで通りで、何も変わるところはない。落雷については、落とし難いというだけで、落雷を完全に回避するというモノでもない。当社としては、規定には適合していると考えている。

規格の運用で大切なのは標準化を守り、互換性に支障をきたしてはならないが、避雷設備は他の機械部品などと異なり、互換性を損ねる要素はない。むしろ新規の改良が生まれないように規格を厳格に定めてしまうことの方が問題で、新しい機能の追加、今までの機能の改良などができないように規格を固定化しまつては、技術の進歩を阻害し、従来機能から新機能を排他的にしてしまうことの方が損失は大きい。

自然現象という確率的な事象を工業規格の中で規定することの難しさの中で、現在の規格も必ずしも正しくないのは、「回転球体法」という考えで、落雷が一方的に上空から地面の上の建築物に降りて来るという想定である。「お迎え放電」については、何ら考慮されていない。回転球体法は電波を発信する場合の考え方としては合理的であるが、静電気の放電は電界／磁界の伝搬とは異なり、大気という不均一な中を放電で伝搬する距離など発生してみないと分からない。それを地上の人間が勝手に雷保護レベル、雷保護システムの設備クラスで保護域を設定しても単なる期待値であり、放電からの保護域とするには無

理がある。また、日本の建築基準法で高さ20mとの規定も大正8年（1919年）の市街地建築物法により定められた高さ65尺が生き残った数字であり、IEC規格の中で高さ60m以内であれば側撃雷の可能性は低いとする規定と一貫性はない。

日本としては、ただIEC規格に盲従することなく、その足りない部分を補足できるような活動をするこそが大事である。規格は古い製品とそれによる既得権益団体を保護する目的ではなく、社会課題の技術的な解決をその目的としなければならない。規格を守っているだけでは事故は減らない。優先度は、事故を減らすためにどうするかであり、規格への適合を問題視するのは本末転倒である。現在の規格はそれほど完ぺきではないのである。

9. 配管技術との関わり

当社の落雷抑制製品であるが、化学工場での使用実績も多い。化学工場は一般的に広大な場所に金属製の配管が巡り、それらは帯電し易いうえに可燃性の物質が使用されている。工場での落雷は大きな事故につながりかねず、日本国内の名だたる化学メーカーに多数利用されている。最初は、水素をベントしている工場で雷雨により水素が燃えてしまう事故により使用されたのをきっかけに日本国内のみならず、シンガポールや米国の工場に於いても落雷対策に用いられ、役に立っている。

10. おわりに：今後の課題

落雷被害に遭われた方が、その対策を講じるに際し、重要なのは、この落雷を抑制するという避雷設備が本当に有効なのか否かを判断するための根拠が必要である。科学的に証明された有効性をどのように顧客に納得していただけるか、どの様に証明するかについては当社が今後も努力を継続していかねばならない大切な分野である。実証的な試験としては、屋内試験と屋外での試験がある。屋内試験については、フランスのポー大学での試験の様にフランス規格で

の試験で通常避雷針との放電電圧の差については証明されているが、そもそも屋内試験というのは大自然の条件の中のほんの一部であり、放電電極との距離も短く、電圧も低めであり、何より環境がドライである。通常の雷雨であれば雨風を伴うが、室内試験に於いて雨風など発生させたら危険である。ということで、現在までに行っている室内試験では十分でないことは承知している。屋外試験では、落雷抑制避雷針の周囲に電界強度計を配置し、実際の電界の変化の様子を観測しているが、まだ、予備試験ともいべき段階である。また、2つの電極間にどのような電位差が生じるかについても観測を行った。実地試験としては、日本海側の冬季雷の多い場所で、92mの鉄塔の上に1mの隔離距離で通常避雷針と共に設置し、どちらに何発の落雷が生じるかを5年間に渡り試験を行い、この結果は通常避雷針への落雷11回に対し、抑制型避雷針への落雷は0回であった。落雷が毎年同じ場所で発生するなら、抑制型避雷針を取付ける前と後を比較できるが、そもそも落雷の発生自体が確率的なことで、その位置についても毎年異なるので、ビフォア／アフタの比較も無理である。落ちなかった落雷の回数など計測できない。顧客の体験、使用してからの経過などを文書化することは行っている（当社HPの顧客の声）もののそれだけでは不十分であり、今後、有効性について科学的な検証を進めていく必要性は十分に理解しているが、それをどのように進めるかについては、今後の課題であり、多くの方々の参加を希望している。

日本国内だけで4,100基を超える設置があり、中でも1顧客で100基、400基、800基を超える大規模ユーザーと毎月100基近くが新規に設置され、毎日が実証試験の連続でもある。毎年、落雷被害を受けるという顧客が1基だけでは効果が分かり難いと昨年夏に25基を設置され、この夏で1年目を終えるので、この結果を楽しみにしている。

筆 者 紹 介

松本敏男

(株)落雷抑制システムズ
代表取締役

〈主なる業務歴および資格〉

電気通信大学計算機学科卒。
パローズ、キヤノン、日本IBM
を経てR&M（スイス）日本支
社長。その後(株)落雷抑制システ
ムを起業。



趣味：雑学（歴史、地理、経済、自然科学、
宇宙まで薄っぺらであるが幅の広い雑学）
発明、特許などの知財120件

〈会社事業内容および会社の近況〉

落雷被害を低減する手段を提供することで社会
への貢献を目指す。