

落雷と人体*

北川 信一郎**

1. はじめに

「雷が近づいたら金属をはずせ」といわれています。最近亡くなったスイスの高名な雷研究者故ベルガー博士が、1974年 WMO に提出した避雷心得の報告書は、「洋傘、鎌、ゴルフクラブ、ピッケル等の金属物を遠ざけよ。」と述べています。屋外にいるとき金属をはずせば本当に安全になるのでしょうか？日本大気電気学会は、「雷から身を守るには—安全対策 Q&A—」を刊行し、問いと答えの形式で有効な安全対策を解説しています。このパンフレットは、1971年に発足した医学者を含む「人体への落雷研究グループ」が、23年にわたって人体への落雷事故を調査・研究した結果に基づくもので、実際に役立つ対策を述べています。この中に、「屋外で落雷の危険があるとき、身体に着けた金属をはずせば安全になるのでしょうか？ゴム長靴をはき、レインコートのフードをかぶっていれば安全でしょうか？」という問い [問9] がありますので、答えを見てください。

2. 落雷に対する安全対策

「金属をはずしても、少しも安全にはなりません。洋傘や釣り竿等が頭上に突き出ていると、立っているより一層危険ですから、すぐ下ろして下さい。ゴム長靴、レインコートは雷を防ぐ役には立ちません。金属製品、金属片は、身につけたまま避難します。金属をはずすことに気をとられて、姿勢を低くすることが遅れたり、濡れることを嫌って傘を差したまましていると、それだけ落雷を受ける危険が増加します。姿勢を低くすること、身体より高く物体を突き出さないことを先ず実行し、次に落雷の合間を見て安全な場所に移るこ

とです。落雷と落雷の間には、1分以上の間隔があります。」という答えです。

[問14] では「雷雲が近づいたとき、傘、釣り竿、ゴルフクラブ、ピッケル、杖、野球バットなど長い物を持っているときは、どうしたらよいでしょうか？」とたずねています。答えは「これらのものを身体より高く突き出さないことです。落雷の危険がせまったときは、出来るだけ姿勢を低くすることです。地面から人体が高く突き出る程、落雷を受け易くなり、人体から更に高く物体が突き出ると、金属・非金属にかかわらず一層落雷を受け易くなります。ゴルフクラブ、金属バット、洋傘のような長い金属物体は、頭より低く身体と平行に持っていれば、安全効果があって落雷を受けたとき、命が助かる可能性があります。しかし一番安全なのは、雷にうたれないことです。出来るだけ姿勢を低くし、落雷の合間を見て、安全な場所に避難することです。」

金属をはずしても、屋外にいると雷にうたれる可能性があるから、落雷の合間を見て安全な場所に避難しなさいというのが答えの要点です。

3. 金属をはずすこと、絶縁物を利用することは、何故役立つのか？

100ボルトの電灯線に金属棒を持って直接触れば、電気ショックを受け、ゴム手袋をはめて触ればショックを受けないこと、電灯線がビニールで覆われていれば安全であることは、よく知られています。これは、金属は電気を流す導体で、ゴムやビニールは電流を阻止する絶縁体だからです。

ところが絶縁体が電流を阻止する作用には、限界があります。絶縁体に非常に高い電圧を加えると、物体そのものが破壊されて電流が流れるという絶縁破壊(放電)がおきます。絶縁破壊は、物体に加える距離当たりの電圧即ち電界が、一定値をこえるときにおこり、

* Thunderbolts and human beings.

** Nobuichiro Kitagawa, 中央防雷株式会社顧問, 元埼玉大学工学部教授.

© 1995 日本気象学会

この電界値を、その物体の絶縁破壊電界といいます。気体が最も絶縁破壊をおこし易く、絶縁破壊電界は、一般に気体、液体、固体の順に大きい値となります。

空気の絶縁破壊電界は約5,000ボルト/センチメートルで、1,500ボルトの電車の架空線では、パンタグラフが架空線から離れても、距離が3ミリ以内に接近すると空気の絶縁破壊がおきて火花放電が飛びます。地上約6,000メートルの高さにある雷雲の電気が、空気の絶縁を破壊して大地に流れ込むのが、夏の落雷です。落雷の電界に対しては、ゴム長靴、レインコート、テントシート等の絶縁は破壊され、電流を阻止する作用は全く失われます。落雷を電気工学で使用する絶縁物で阻止することは、もともと出来ない相談です。

人体は導体か？絶縁体か？というと、金属とビニールほどの大きい差はありませんが、血液・リンパ液の充満する皮膚下の内部組織は導体で、皮膚は絶縁性です。素手で乾電池の両端に触れても、安全なのはこのためです。しかし、落雷の電界に対しては、皮膚の絶縁はゼロに等しく、ビニール・レインコートを何枚重ねても被っても、導電性の内部組織が丸裸で露出しているのと同じ効果となります。屋外で人体が立っていれば、金属の像が立っているのと同じように雷を受け易くなりますから、金属をはずしても少しも安全にはなりません。

この人体から、金属棒が上方に突き出ていれば、一層落雷を受け易くなります。竹の釣り竿のような絶縁体が上方に突き出ていても同様な結果となります。釣り竿にそって、空気の絶縁破壊電界よりずっと小さい電界で沿面放電（物体の表面でおきる放電）がおこるからです。

4. 安全な場所はどこか？

安全対策の答えに、安全な場所という言葉がでてきますが、これはどのような場所でしょうか？この問い[問6, 7]に対しては、「自動車、バス、列車、客船等の中は安全だから、その中にはいること、建物の中も安全であるが、屋外のテレビアンテナにつながるテレビセットがあるときは、これらから、1メートル以上離れることが大切。」と答えています。テントの中は安全か？という問い[問17]に対しては、「テントシートは雷を防ぐ役には立ちません。テントのポールに落雷すると、ポールから人体に放電がおきて、失神、火傷等をおこし、死亡事故となることがあります。テントから出て安全な場所に避難することです。」と答えてい

ます。

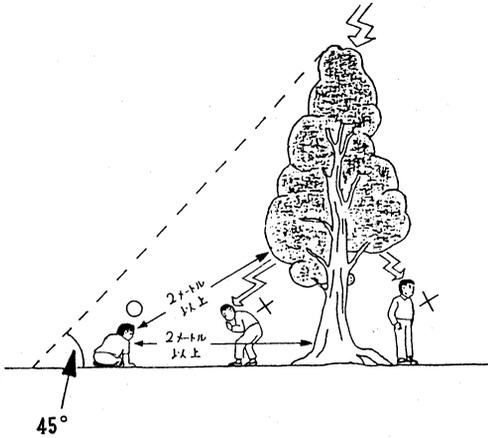
落雷電流は瞬時ですが、最高値3万アンペア程度になるので、細い銅線は、気化し、落雷電流はアーク放電となり火災、焼損の原因となります。避雷針の引き下げ銅線の太さが、JIS規格（銅線で断面積30平方ミリメートル、単線では直径6.2ミリメートル）以上のときは、落雷電流は、安全に大地に流れます。自動車、列車等は、十分の厚さと広がりのある金属導体で造られているので、内部は全く安全です。自動車では、落雷電流はタイヤの部分では沿面放電となって大地に流入しますが、タンクのガソリンが発火したり、タイヤがパンクする程の温度上昇は起こりません。

5. 安全な場所が遠いときはどうするか？

落雷に対する導体と絶縁体の効果が判明し、導体に囲まれた空間の外側では、人体は、いつも落雷の危険に晒されていることが解りました。それでは、この安全な場所から離れた野外で、落雷が接近したときはどうしたらよいのでしょうか？パンフレットは、この問い[問10~13]に対して、つぎのように答えています。「あたりを見回し、周囲に高いものがなければ、その場で出来るだけ姿勢を低くします。自転車は横たえ、バイク、オートバイからは2メートル以上離れます。落雷があれば、その直後の1分間は、落雷の心配はありませんから、窪地あるいは4メートル以上の高い物体をさがします。窪地があれば、その中で姿勢を低くし、4メートル以上の高い物体があれば、その天辺を45度以上の仰角で見上げる範囲に入り、物体からは2メートル以上の距離をとって姿勢を低くします。高い物体が樹木のときは、すべての枝先、葉先から2メートル以上の距離をとって姿勢を低くします（第1図参照）。送電線・配電線があるときは、水平の架線を45度以上の仰角で見上げる範囲は十分安全ですから、このベルト地帯を通って避難します（第2図参照）。」「高さ4メートル以下の物体には近づかないことです。」登山に関する[問16]の答えでは、「山の頂上、尾根、岩場から出来るだけ早く遠ざかること。」とっています。

6. 雷は何処におちるか？

雷は高いものにおちるとよくいわれます。雲中の電荷が十分な量となり、大地までの空気の絶縁を破壊する現象が落雷ですから、実際は、海面、河原、田圃、運動場等、所構わず雷はおちます。しかし絶縁破壊は、高さ6,000メートルの雲の中心から大地まで、一挙にお



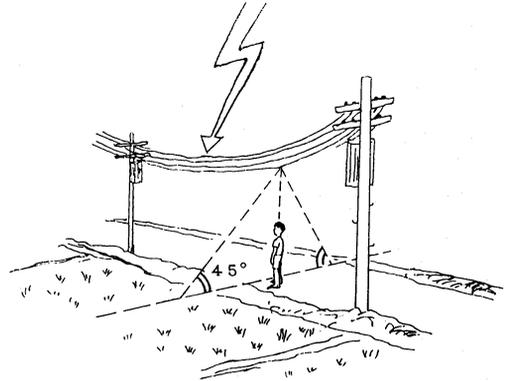
第1図 樹木付近の安全な位置○と危険な位置×。

こるわけではありません。雲から大地に向かって、短い時間間隔（数10マイクロセカンド）をおいて、約30メートルずつステップして絶縁破壊が進行するので、落雷の初期放電は、段階型前駆放電と呼ばれます。ステップが発進する毎に少しずつ方向が変わるので、電光のジグザグが生じます。このジグザグの進行する前方に高い物体があると、最後の一飛びが、その上端に飛びつきます。

物体の高さが30メートル以上のときは、物体の上端を中心とし半径30メートルの球面に達する前駆放電は、総て物体の上端に引き寄せられ、この物体への落雷となります。高さが同じならば、避雷針がついた鉄塔でも、一本杉でも、落雷を引き寄せる効果は同じです。違うのはおちてからで、前者では火災、焼損の事故はおきませんが、後者では、幹に沿って樹皮がはぎ取られて雷獣の爪跡が残り、ときに枝折れがおこります。幹、小枝、葉先から2メートル以内に雨宿りの人がいると、落雷電流の主流が、人体に移行して死亡・重傷の事故となります。

物体の高さが30メートル以下のときは、物体の上端を中心とし、その高さを半径とする球面に達する前駆放電は、この物体の上端に引き寄せられます。雷が高い物に落ち易いといっても、高い物体が落雷を引き寄せる距離は、30メートルを限度として、その物体の高さ程度です。これ以上離れると、地面への直撃の確率が高くなります。

落雷の絶縁破壊の一飛びは30メートルと記述しましたが、これには補足説明が必要です。気象現象一般に当てはまることですが、大きさや時間等大気現象のと



第2図 配電線に沿った安全なベルト地帯。

る数値は、同一にそろえることはなく、必ずある幅の中に分布します。絶縁破壊の一飛びは、30メートル位が最も多く現われますが、2メートルになることも、100メートルになることもあって、まちまちです。地上の物体に飛びつく最後の一飛びは、30メートルより長くなる傾向があつて、200メートルという観測例もあります。従つて実際には、高い物体が、落雷を引き込む距離は、30メートル以上になることがあり、物体が落雷を引き込む距離もその高さより大きくなることは、しばしばあります。

人体の安全を考える上では、基準となる30メートルをとつて安全策の答えとしました。例えば、高さ5メートルの樹があると、「その根本から半径5メートルの円内は、安全圏です。」という答えになります。物体の高さが30メートル以上になると、安全圏の半径はそれ以上増加せず、30メートル留まりとなります。ここで、安全性は円内が100パーセント、円外はゼロということではありません。根元に近づくほど安全性が高くなり、円内では「十分」高くなるということです。「十分」というのは、今までの調査では、直撃事故例が無かつたという意味合いです。高い物体の周囲の安全は確率的なもので、自動車、列車の内部のように100パーセントの安全性が保証されるわけではありません。ここで樹木についての調査結果で大事な教訓は、死亡・重傷の難をのがれた人々は、必ず幹、枝先、葉先から2メートル以上離れていたことです（第1図参照）。

7. 死因と金属の効果

長い物体に関する問い [問14] の答えでは、「長い金属物体を、頭より低く身体と平行に持っていれば、落雷を受けたとき、命が助かる可能性がある。」と金属の

安全作用にふれています。このパンフレットは、雷にうたれない方策に重点をおいているので、「金属製品、金属片は、身につけたまま避難します。」と簡潔に表現するだけで、金属の安全作用についてこれ以上の頁をさいていません。人体が身につけ、携帯する金属は、落雷を受けたとき、電気回路の金属とは違った効果を発揮し、これが生命を救うことになります。背中に金属ジッパーのついたワンピースを着ていた婦人が、落雷の直撃を受けて助かっています。

人体への落雷で、落雷電流は、導体である内部組織を流れて大地に広がります。同時に皮膚面の所々に部分的な放電がおきて、放電電流が流れます。頭より高く突き出た物体の作用のところで述べたように、物体の表面では空気の絶縁破壊がおき易く、この物体の表面でおきる放電を沿面放電といいます。人体皮膚面では、極めて沿面放電がおき易く(物体の無い空間では、空気の絶縁破壊電界は5,000ボルト/センチメートルですが、人体皮膚面では約半分の2,700ボルト/センチメートルとなります)、落雷を受けた人の肩、背、胸、太股等に、しばしば赤紫の樹枝状の模様が生じます。これは沿面放電による火傷の一種(軽度の熱傷)で電紋と呼ばれます。金属をつけていると沿面放電が助長され、その近傍の皮膚に熱傷や電紋が生じます。金属ペンダントを金属鎖で吊っていると、ペンダントの周辺に火傷ができ、首に鎖の跡が残ります。警察署の検死記録やマスコミ・ニュースでは、金属近傍の火傷を見て「金属に雷がおちた」という表現になります。

落雷は、通常一雷一殺で、スポーツで数名のプレーヤーがいると、一名が直撃を受けて死亡或は、数週間入院を要する重傷となります。近傍のプレーヤーは大変な精神的ショックを受けますが、せいぜい火傷、外傷、耳鳴り等の傷害を受けるだけで、後遺症なしに回復します。火傷は沿面放電による熱傷で、熱傷二度或はそれより軽度のもです。

怖いのは体内を流れる電流です。脳、心臓を流れる電流が一定値をこえると呼吸停止、心拍停止がおこり、5分以内に回復しないと、死亡事故となります。直撃被雷者の死亡率は80パーセントで、10人に2人の割合で助かります。助かった人を調べると、身体に沿って衣服が破損し、携帯したカメラに大きい溶融痕が生じ、皮膚の熱傷、体毛の熱損等が連続し、頭から地表面まで連続して強い沿面放電が発生したことを物語っています。体内電流が、それだけ減少して生命を取り留める結果となります。金属は、沿面放電を助長するので、

火傷の原因にはなるが、死亡の原因となる体内電流を減少する効果があります。金属は身につけているほうが安全で、ポケットの硬貨を投げ出す必要は、さらさらありません。

レインコートに金網を織り込むなど金属の安全効果を利用する手段が考えられますが、現段階では、まだ推薦することは出来ません。このような安全手段を提唱するには、周到な室内実験、動物実験を行い、医学的観点から綿密な検証を行う必要があるからです。

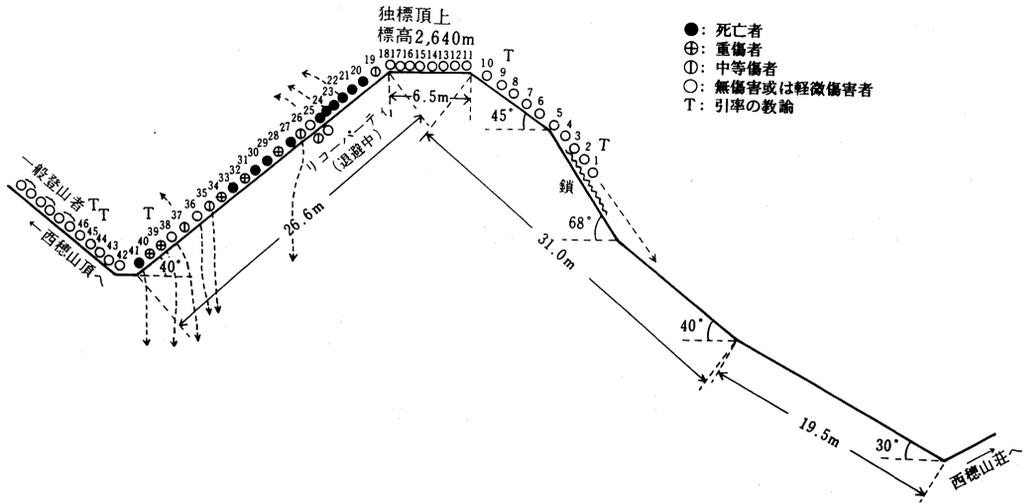
8. 西穂高岳落雷遭難事故

1967年8月1日西穂高岳独標でおきた松本深志高校登山隊の落雷遭難事故を見てみましょう。これは世界最悪の落雷記録で、代表的な事故ではありませんが、「山の頂上、尾根、岩場から出来るだけ早く遠ざかる。」「金属は身につけたまま避難する。」という安全対策の重要性を認識させる事例です。

西穂高岳独標は、西穂高岳南南西1キロにある標高2,640メートルの険しい岩山のピークです。登山路は西穂高岳から尾根に沿って独標を経て、南西方向にある西穂山荘に通じています。第3図は西側(岐阜県側)から見た独標の断面と松本深志高校登山隊46名の位置を示します。一行は西穂高岳から登頂し、先頭10名が西穂山荘側の下り登山路にかかった13:40頃に落雷がおきました。13:10頃からひょう混じりの激しい雨が降り始め、雷鳴も聞こえましたが、尾根道をたどる以外に避難の方策はとれませんでした。第3図で番号をつけた丸印が松本深志高校の一行です。●は死亡、⊕は重傷、①は中等傷、○は無傷害か極く軽微な傷害の登山者を示します。中等以上の傷害者は、すべて山頂から鞍点にいたる直距離26.6メートルの北側の尾根道に分布し、相互距離は1~2メートル程度でした。

落雷は山頂に達した後、北側尾根に沿って登山者を数珠繋ぎに經由する大規模な沿面放電となって進展し、鞍点に至って大地に流入しました。山頂、尾根が絶縁性の高い岩石からなり、そこに導体である大勢の登山者が1~2メートルおきに列をなしていたので、落雷は、この経路をとり、風化で導電性の土質となった鞍部で大地に流入しました。この結果、一落雷が11名の生命を奪う惨事となりました(内1名は転落死と判定された)。鞍点から先の登山路にいた登山者は無傷害で、強いショックも感じなかったということです。

松本深志高校は1969年、大部の報告書「西穂高岳落雷遭難事故調査報告書」を刊行しました。この中に、



第3図 西側(岐阜県側)からみた西穂高岳独標と登山者の位置。
(西穂高岳落雷遭難事故調査報告書, 松本深志高等学校, 1969より引用)

「生存した生徒の携帯した水筒, カメラが大きく破損し, あたかもこれらが生徒を保護したように見受けられる。」という記述が見られます。又被害者の手当にあたった信州大学医学部窪田佑三教授は, まとめの中で「金属は体内への電流入入には無関係である。電流痕のある金属物は出電箇所が多い。」と記述しています。携帯する金属に溶融痕があることは, そこで強い沿面放電がおきた証拠で, その近傍の体内電流は著しく減少している筈です。窪田教授は, この状況を医学的に把握して, 上記のように表現しています。

9. むすび

たびたび引用したパンフレット「雷から身を守るには—安全対策Q&A—」は, 〒565 吹田市山田丘2-1 大阪大学工学部電気工学科内, 日本大気電気学会事務局に申し込みば, 代金750円は後払いで郵送してくれます。絵入りの読み易いパンフレットです。スポーツ, 仕事で屋外に出る機会の多い人には, 是非知ってもらいたいことを, 60頁の冊子にまとめました。

儒教の創始者, 古代中国の思想家, 孔子 (BC 551 ~479) は, 主著「論語」の中で, 「百書を読んでことごとく信ずれば, 書無きに如かず。」とっています。無批判な文献の寄せ集めでは, 人体への落雷の本質は, 判明しませんでした。同時代の中国の兵書「孫子」(孫武の著作といわれています)のなかに, 「敵を知り, 己を知らば, 百戦危からず。」とあります。このパンフレットは, 百書の中の一冊ですが, 敵(落雷)を知り, 己(人体の反応)を知るのに最適の書ですから, お勧めする次第です。

もう一つ格言を紹介すると, ドイツの哲学者ヘーゲル (1770~1831) は, 「量の差は, 質の差に転化する。」とっています。我々の使うマイクロボルトから50万ボルトの電圧に対しては, 導体と絶縁体の差は, 明確です。ところが雲と大地間の電圧が1億ボルトといわれる雷の高電圧に対しては, この差が判然としなくなります。同じ電気に対する人体の反応が大きく異なり, 安全対策は全く違ったものとなります。