

落雷現象

雷雲の発生	124
年間雷雨日数	125
落雷のメカニズム	126
雷撃電流とパラメータ	127
避雷設備(外部雷保護システム)の要点	128

落雷現象

●雷雲の発生

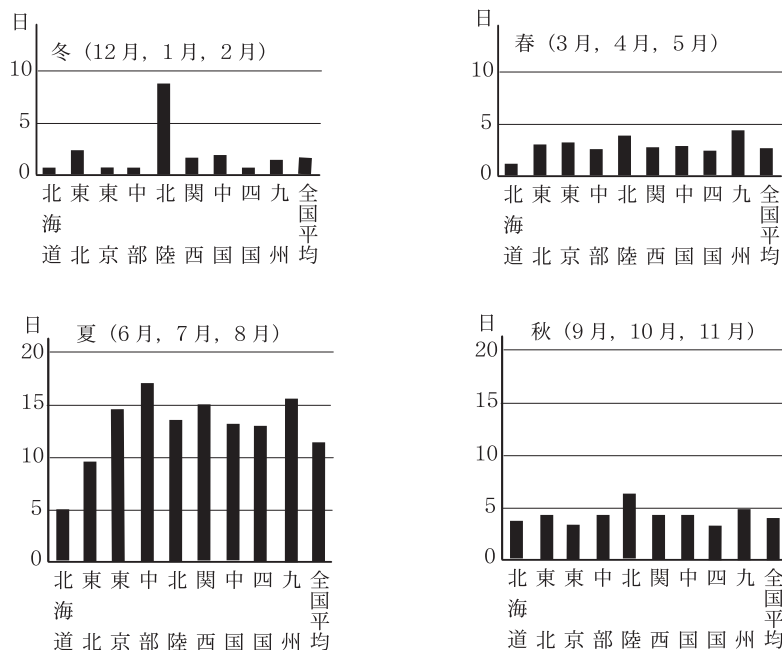
雷放電の源となる雷雲（積乱雲）の発生は、一般的には、夏の強日射、高湿度などが教科書でみられ、雷を発生させる雷雲に成長するには、大規模且つ強力な上昇気流が必要とされる。

しかし、強日射、高湿度のみをその発生条件とする事には異論があり、実際には、周囲大気が上昇気流より、より低温になっている場合に、上昇気流が発生、継続可能であり、周囲大気が上昇気流に比べて高温である場合には、上昇気流は安定して継続できない事や、雪嵐、砂嵐及び火山爆発などの自然現象にも雷放電はみられる現象であることも忘れてはならない。

このように、雷雲の発生には、大気が不安定になる事が条件であり、わが国でこのような対流圏不安定層が形成される代表的な状態として以下の二つが挙げられる。

- ①夏季高温多湿の小笠原気団（夏の西太平洋に中心をもつ高気圧）が大気下層を占め、大気上層に寒冷な乾燥大気が流入するとき。
- ②冬季、シベリア気団が、相対的に高温の日本海上を移流して、本州沿岸に近づくとき。

この二つの条件を地方別、季節ごとの雷雨日数（第1図グラフ参照）と照らし合わせると、①は主に太平洋側に多く、②は日本海側の冬季の雷現象と区分することが出来る。



第1図 地方別、季節ごとの雷雨日数

●年間雷雨日数

落雷頻度の概略の把握には、一般的に各地域の年間雷雨日数が使用されてきた。

第2図は、緯度、経度、それぞれ15分間隔（日本では大略25×275 km）で区切った地域内における年間雷雨日数分布をもとに作成した等雷雨日数線図である。この年間雷雨日数分布図（IKLマップ、Isokeraunic Level Map）は、1988～1997年度の10年間平均の観測結果である。



第2図 年間雷雨日数分布図（10年平均）

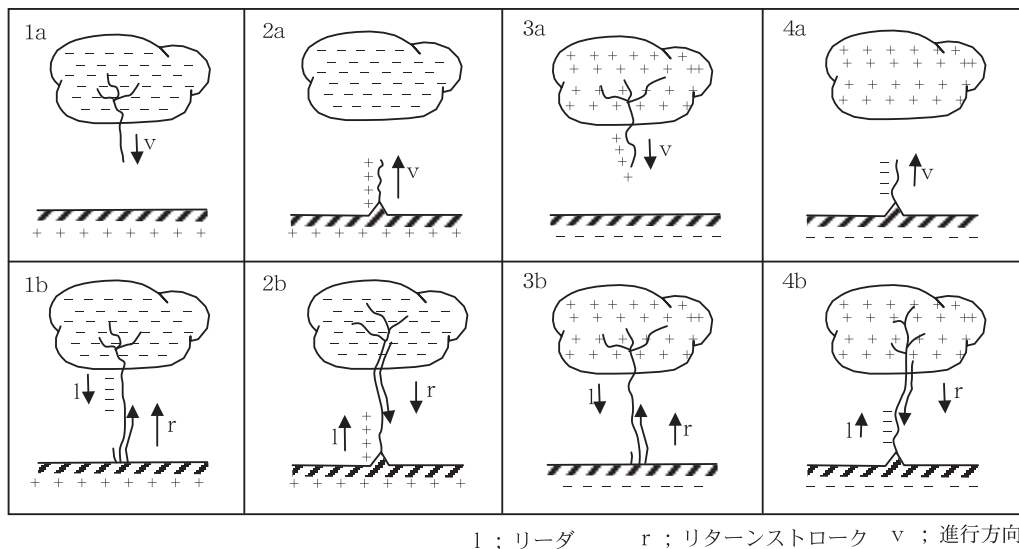
●落雷のメカニズム

雷現象を誘発する積乱雲は、背丈の高い雲で 8000m以上の高さに成長し、この中では、強い上昇気流がある。雷雲がどのように帯電するかについての代表的な説の一つによれば、上昇気流の中で大きなアラレと小さな氷の粒が衝突することにより、プラスとマイナスの電気が分かれて生じる。大きなアラレには、マイナスの電気がついて下方に落下し、プラスの電気は小さな氷の粒について、上昇気流で上方へ運ばれる。

夏の通常の雷雲では、上方に正電荷、下方に負電荷が蓄積される。

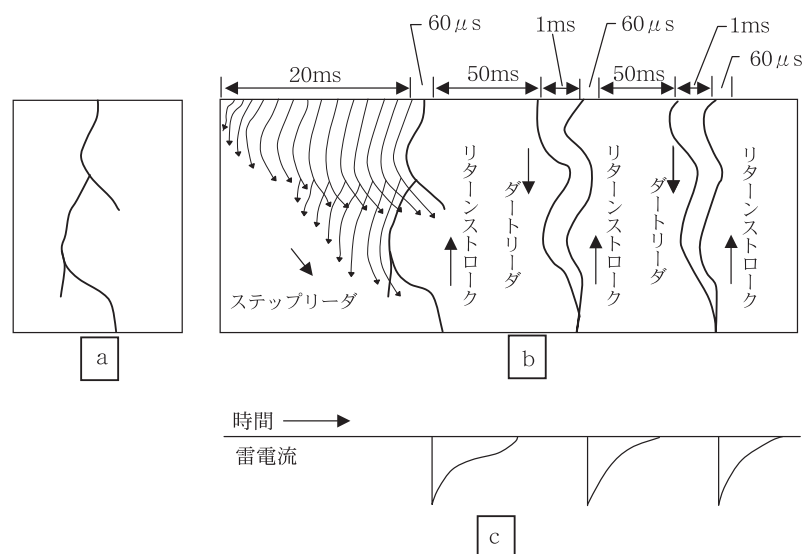
下方のマイナスの電荷が大地に放電する現象が落雷、すなわち対地放電である。

この対地放電（落雷現象）のメカニズムを分類すると第3図となり、1a～4a は雷雲から発するステップリーダと大地側から伸びるリーダ（上昇ストリーマ）の方向を表したもので、1b～4b は両者が結合し大地放電が発した後、リターンストロークによる極性と進行方向を表した図である。



第3図 落雷の分類（リーダ及び主放電の方向による）

第3図に示す通り、落雷のメカニズムは、大地－雷雲間でリーダの進行方向を限定する事は出来ないが、一般的に日本で発生する落雷現象の約 90%が負極性であり、この負極性の雷撃 1 回の雷放電現象を説明すると、雷雲側から段階を踏んで伸びたステップリーダが大地からのストリーマと結合した時点で大地の電荷が一気に雷雲に向かい進行する（第4図参照）。これが雷光の強い輝度や雷鳴雷撃をもたらすリターンストローク、つまり雷放電現象である。



a ; 目視で視た場合の雷光形状 b ; 多重雷による時間とリーダの進行例
c ; 時間と雷電流の関係

第4図 多重雷の時間経過

●雷撃電流とパラメータ

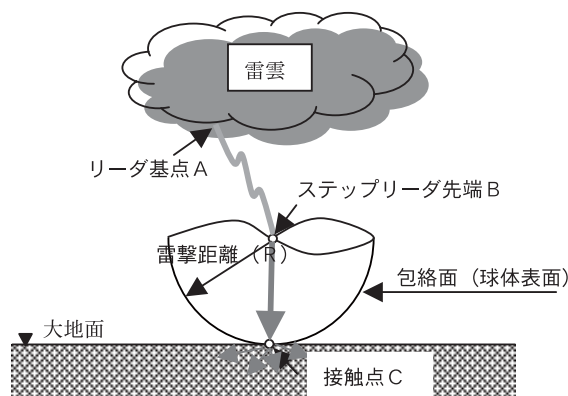
雷撃の有するエネルギーを表現する場合、1回の雷撃における雷雲に蓄積された電荷により雷撃電流の大きさが決定する。実測された雷撃電流は最大 200kA～300kA のものもあるが、一般的には 30kA 以下のものが 50% を占めている。

また、雷による被害は雷電流の大きさより、むしろ電流値は低くても第一雷撃及び後続の雷撃のインパルス波形の長い物のほうが、内部に設置された機器に損傷を与える可能性を多く含んでいる事を理解しなくてはならない。従って、内部機器を含む雷保護を目的とした場合には、JIS A0367-12003「雷による電磁インパルスに対する保護」に、記載された雷撃電流パラメータを把握する事が必要である。

● 避雷設備（外部雷保護システム）の要点

受雷部システムを構築する基本的理論が回転球体法（rolling sphere method）である。この回転球体法を簡単に説明すると、雷雲の一点から出発する雷放電（ステップリーダ）が最短距離となる大地上の一点に結合して出来た回路に雷撃が起こる。雷雲から伸びる先行放電（ステップリーダ）のリーダ先端を中心球体を描く雷撃範囲（雷撃距離 R ）を形成している。この球体の面（包絡面）に最初に接触した点に回路が構成され落雷となる。（第5図参照）また、建築物（被保護物）が存在する場合、大地と建築物の関係により、球体が先に接触する部分に雷撃を受けるので、建築物に球体が接触する部分に受雷部導体を設置する事で、大地と受雷部導体の2点間に閉ざされる部分生まれ雷撃遮へい範囲（保護範囲）を形成する。（第6図参照）

この回転球体法に基づく理論を理解上で、受雷部システムを構築し雷撃を受け止め、雷撃電流を分流させて引下げ導線を通じて大地に施設した接地システムから放出する設備が今日の避雷設備（外部雷保護システム）を形成する要点である。



第5図 回転球法の理論①

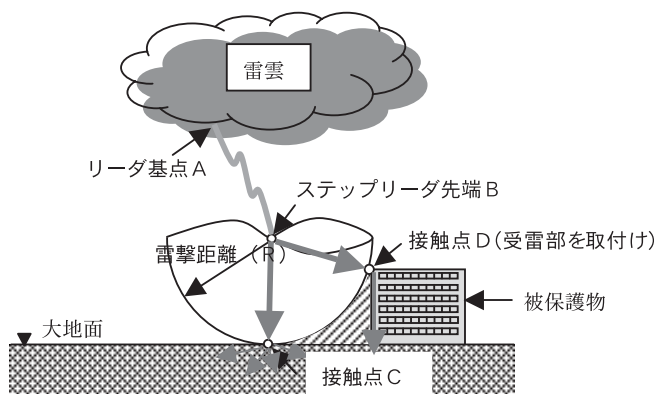
1. 雷雲に蓄電された雷電流がリーダ基点 A より大気の絶縁を破壊しながら大地に向かい降下する。



2. 雷雲に蓄積された電荷の容量によりステップリーダの先端 B を中心とする雷撃距離 (R) が決定し、球体の包絡面 (球体表面) を形成する。



3. この包絡面と最初に接触した点 C に雷雲→大地間に回路が形成され落雷現象となる。



第6図 回転球法の理論②

1. 被保護物が存在する場合、大地面の接触点 C 又は被保護物の接触点 D に包絡面が先に接触した部分に雷撃をうける。



2. よって、接触点 D に受雷部を取り付けるとビルに対する雷撃を受け止める事が出来る。

 ; 保護部分（雷撃を受けない部分）