

# 電力設備のための雷パラメータの選定法

電力設備のための雷パラメータ選定方法調査専門委員会編

## 目 次

|                                 |    |                              |    |
|---------------------------------|----|------------------------------|----|
| 1. はじめに                         | 3  | 3.4 今後の展開                    | 39 |
| 2. 電力設備に必要な雷パラメータ               | 3  | 4. 海外とのデータ比較                 | 40 |
| 2.1 はじめに                        | 3  | 4.1 はじめに                     | 40 |
| 2.2 冬季に観測された雷電流波形の分類            | 4  | 4.2 国内外で観測された雷撃電流の<br>各パラメータ | 40 |
| 2.3 波頭長, 波尾長, 連続電流, 電荷量         | 6  | 4.3 国内外で観測された雷電流波形           | 42 |
| 2.4 波高値-波頭峻度, 波頭長の関係            | 9  | 4.4 海外における落雷位置標定システムと<br>観測例 | 43 |
| 2.5 雷道インピーダンス                   | 12 | 5. 今後必要とされる雷観測パラメータ          | 44 |
| 2.6 帰還雷撃モデル                     | 14 | 5.1 雷撃電流値                    | 44 |
| 2.7 雷撃進展速度                      | 15 | 5.2 雷撃電流波形                   | 45 |
| 2.8 落雷位置標定システムの信頼性と<br>データの活用方法 | 18 | 5.3 落雷頻度                     | 46 |
| 2.9 地域, 季節, 地形の特性評価             | 27 | 5.4 落雷特性の地域依存性               | 47 |
| 3. 雷害対策感度解析                     | 33 | 5.5 雷電流と電界, 磁界の同時観測          | 48 |
| 3.1 はじめに                        | 33 | 6. まとめ                       | 49 |
| 3.2 送電線故障に対する雷パラメータ<br>感度解析     | 33 |                              |    |
| 3.3 変電所故障に対する雷パラメータ<br>感度解析     | 36 |                              |    |

# 電力設備のための雷パラメータ選定方法調査専門委員会委員

委員長 横山 茂(九州大学/電力中央研究所)  
 幹事 道下 幸志(静岡大学)  
 本山 英器(電力中央研究所)  
 幹事補佐 新井 英樹(鉄道総合技術研究所)  
 委員 雨谷 昭弘(同志社大学)  
 石井 勝(東京大学)  
 岡部 成光(東京電力)  
 小村 広司(関西電力)  
 加藤 正平(東洋大学)  
 菅 雅弘(東芝)  
 公森 雅俊(四国総合研究所)  
 小島 宗次(工学院大学)  
 後藤 幸弘(東北学院大学)  
 小林 三佐夫(サージプロテクトKK)  
 酒井 晃(北海道電力)  
 清水 雅仁(中部電力)  
 下村 哲朗(三菱電機)  
 白川 晋吾(日立製作所)  
 新庄 一雄(北陸電力)  
 新藤 孝敏(電力中央研究所)  
 鈴木 福宗(サンコーシャ)

委員 住谷 博之(中国電力)  
 鶴 信一郎(九州電力)  
 阪野 友樹(日本ガイシ)  
 舟橋 俊久(明電舎)  
 細井 智行(日本AEパワーシステムズ)  
 本間 規泰(東北電力)  
 Niles j. Vasa(九州大学)  
 入江 孝(日本ガイシ)  
 加藤 和久(日本ガイシ)  
 園田 敏雄(関西電力)  
 高山 健(北海道電力)  
 谷村 新(北海道電力)  
 橋本 洋助(九州電力)  
 伊藤 孝充(明電舎)  
 上野 嘉之(電力中央研究所)  
 佐藤 泰能(中国電力)  
 志茂 洋二(中国電力)  
 高見 潤(東京電力)  
 登坂 滋(東北電力)  
 松原 廣治(電力中央研究所)

オブザーバ  
 途中退任  
 委員

主参加者

## 1. はじめに

20 世紀初め頃から雷電流波高値や波形の観測が継続的に行われてきたが、雷電流の波頭しゅん度や総電荷量(継続時間)については、未だ不明確な点があった。特に日本海沿岸に発生する冬季雷については、その統計的な特性が明確には示されてこなかった。

また、耐雷設計手法の高度化の結果、雷性状の地域差、季節差を明確にすることにより、地域毎に合理的な雷害対策を実施することが可能になってきた。特に、異なる地域にまたがる送電線の耐雷設計には、地域毎の雷特性を反映させる必要が指摘されている。

以上の問題を解決すべく、これまでの 20 年間にわが国を中心とする雷観測手法の高度化の試みが行われてきた。特にアナログ光ファイバケーブルとデジタル・オシロスコープの開発、一般への普及が雷観測データの取得に革命的な変化をもたらした。この結果、特殊な冬季雷に対してその統計的な雷撃特性を明らかにすることができるようになってきた。

それに加えて、GPS を用いた正確な時間計測の一般化とデータベースの高度化により、遠方の電磁界測定による雷性状の観測が精度高く行われるようになった。ある地域への大地雷撃密度も、従来の気象観測による年間雷日数から LLP システムや LPATS などの落雷位置標定システムによる観測結果の採用により、地域毎にかなり正確に求めることができた。

従って、これらの観測データを、一般的にとりまとめ公表することは、合理的な雷害対策の確立にとって極めて重要である。特に、冬季雷を中心とする季節特性のデータは、世界的にも大きな興味をひくと予想されるために、広くデータを世界に発信することは、この分野のわが国の貢献を示すためにも重要である。

本技術報告は、平成 14 年度から 3 年間にわたり、各所で観測されたデータの電力設備の雷害対策への適用の際に問題になる事項について、さまざまな観点から検討を加えた内容について取りまとめたものである。

主な検討事項は、電力設備で必要となる雷パラメータについて、特に冬季雷の雷電流波形の分類方法、雷電流の波高値と波頭長の関係、帰還雷撃のモデルについて、従来の観測データを取りまとめた。さらに、落雷位置標定システムの活用法や、地域、季節毎の雷特性の評価方法について調査・検討を行った。さらに、これらの雷特性が、電力設備の統計的な雷害対策手法、電力設備の絶縁設計にどのような影響をあたえるかを EMTP などを使用して検討した。

以上により、従来の雷パラメータの今日的なとりまとめが一応できるとともに、今後の観測の方向性についても指針を示すことができた。

## 2. 電力設備に必要な雷パラメータ

### 2.1 はじめに

2 章では、電力設備にとって必要な雷パラメータについて述べる。本技術報告の調査対象は送電設備であるが、他の電力設備を検討する際にも、現状では、同様の雷パラメータが用いられている。一般に、雷電流は高構造物で測定する場合が多く、落雷位置標定システムなどの電磁界観測により推定された雷電流パラメータには、高構造物への雷撃の他、大地への雷撃も含まれている。大地への雷撃と送電線設備への雷撃、あるいは、独立高構造物と送電設備への雷撃で、雷パラメータの相違の有無、あるいは、その程度については、現在検討が進められている。

表 2.1.1 に電力設備の雷害に影響の大きいパラメータを示す。雷電流波形の波高値が大きく、波尾長が長ければ、処理すべきエネルギーが大きくなり、被害は発生しやすくなる。また、負極性帰還雷撃の波尾部分で、継続して流れる電流として定義される継続電流の振幅が大きい場合や継続時間が長い場合にも同様に処理エネルギーが大きくなるため、被害は発生しやすくなる。電荷量は、電流を時間積分して得られるため、その大きさは継続時間と波高値に依存し、電荷量が大きければエネルギー被害は発生しやすくなる。波高値が大きいほど、また波頭長が短いほど、発生する雷過電圧が大きくなり、フラッシュオーバーは発生しやすくなる。従って、波頭しゅん度が大きいほどフラッシュオーバー被害は発生しやすいことになる。

帰還雷撃現象が、雷道を表す分布定数線路と電流源の並列回路で表現できるとすると、波高値が同一の雷撃であれば、雷道インピーダンスが大きいほど電力設備に流入する電流も大きくなるため、過電圧および流入エネルギー共に大きくなる。また、帰還雷撃進展速度や帰還雷撃モデルは、誘導電圧成分を評価する際には影響の大きいパラメータである。

構造物での電流観測から雷撃電流を推定する際には、雷道インピーダンスを仮定して雷撃電流波形パラメータを求めているため、この値を大幅に変更して使用する際には、雷パラメータ自体を再計算する必要がある。落雷位置標定システムなどの電磁界を観測して推定された雷電流波高値については、過去には帰還雷撃進展速度や帰還雷撃モデルについての議論もあったが、現在では、ロケット誘雷実験結果に基づいて、磁界の観測値から直接電流値を推定している。従って、算出される電流値は、自然雷の負極性後続雷撃に対する推定値と考えるのが安全側である。

日本海側で発生する冬季雷に関しては、夏季雷とは異なり、正極性雷の占める割合が高いことが知られているが、雷電流波形も波頭部で振動性となるなどの特異な性質を示す場合