

電気設備学会講習会「雷現象と複合施設における雷被害対策の動向」参加報告

報告者：保木本正史（きんでん）

令和元年6月27日に名古屋ガーデンパレスで行われた、(一社)電気設備学会中部支部主催の講習会「雷現象と複合施設における雷被害対策の動向」に参加したので、その概要を報告する。

1. 安井支部長（名古屋工業大学） あいさつ
2. 委員会活動紹介「複合施設での雷被害対策に関する調査研究委員会」（講師：委員長 箕輪昌幸氏（愛知工業大学））
 - ・ 電気設備の雷保護、雷害対策に関する調査研究を北陸支部と共同で2002年から行っている。過去の委員会は、
 - ① 風力発電設備の雷撃調査研究委員会
 - ② SPD（設備雷保護）調査研究委員会
 - ③ 雷保護技術調査研究委員会
 - ④ 雷被害対策の接地システムに関する調査研究委員会
 - ⑤ 電気設備の雷保護に関する調査研究委員会（自然雷・ロケット誘雷・人口雷による研究）
 - ⑥ 情報・通信設備の雷被害および対策に関する調査研究委員会以上であり、今回の調査研究委員会に取り組んだ。
 - ・ 今回の研究目的は、下記内容である。
 - ① 高度情報化社会の進展に伴い、様々な設備、機器装置へ電源線、通信線、信号線等が張り巡らされている。
 - ② 需要家の複数の建造物、システム、装置等が電力・通信線等でネットワーク化されるようになった。（複合施設のネットワーク化）
 - ③ 各種ケーブル等で接続された需要家の複合施設は大規模システムであり、雷被害の二次影響も大きいと予想される。
 - ④ 現状の被害状況も含めた把握と雷対策に向けての基礎データ等を提示する。
 - ・ 調査・研究内容
 - ① 雷被害対策事例の調査（アンケートの実施）
 - ② 調査結果の検討と評価
 - ③ 検討・評価のまとめと提言
 - ④ 期間：2017年度～2018年度（2年間）
 - ・ 活動状況（委員には、大学、電力会社、電気工事会社、SPDメーカー、設備・機器メーカー、他総勢26名）
 - ① 2017年度：2箇所の現地調査と検討（学校、病院）、アンケートの計画、講習会の企画
 - ② 2018年度：アンケートの実施と検討、現地調査（2箇所の学校）、2年間の活動のまとめ、報告書作成、講習会の企画
 - ・ アンケートは16校で実施。11校で被害確認。5校は被害なし。

- ・ アンケート調査結果
 - ① 遠隔監視・操作関係（制御機器・システム関係）、消防防災関係、電話設備関係（交換機設備含む）の被害 ・ ・ ・ ・ ・ 6校
 - ② （防犯）カメラ関係の被害 ・ ・ ・ ・ ・ 5校
 - ③ ポンプ・水処理関係の制御系被害 ・ ・ ・ 4校
 - ④ ポンプ・水処理関係の電源被害 ・ ・ ・ ・ 4校
 - ⑤ 空調制御，駐車管制，エレベータ制御の被害があった。
- ・ 現地調査は，中部大学，愛知工業大学，名古屋工業大学，愛知医科大学で実施した。
- ・ 2019年からの活動：今回の調査研究の課題を踏まえ「セキュリティ関連設備の雷被害」について，2019年度から2年間，調査研究を実施予定。

3. 雷現象：基礎的な放電過程から実用的な落雷予測まで（講師：王 道洪氏（岐阜大学）

- ・ 雷雲電荷分布と雷放電の分類

雷雲の上部にプラス電荷が発生し，マイナス電荷が下部に分離する。9割ぐらいは，雷雲内で放電する。1割程度が，対地放電（落雷）する。
- ・ 雷放電の基礎的な放電過程
 - ① 電子雪崩が発生しストリーマ（正，負別）ができる。その端にリーダ（正，負別）が発生する。
 - ② 電子雪崩を引き起こすために必要とする電界は，約 3×10^6 V/m（大気中，普通の条件）
 - ③ 正ストリーマを持続的に進展させるための電界は，約 5×10^5 V/m（大気中，普通の条件）
 - ④ 負ストリーマを持続的に進展させるための電界は，約 7×10^5 V/m（大気中，普通の条件で）
- ・ 落雷の分類と基礎的な特性
 - ① 下向き負極性落雷，下向き正極性落雷，上向き負極性落雷，上向き正極性落雷，下向き bipolar 落雷，上向き bipolar 落雷の6種類に分けられる。
 - ② 落雷の各種パラメータ：

・ リーダ速度：200km/s	・ 帰還雷撃の温度：3万度
・ リーダの電流：100A	・ 雷のエネルギー： $10^9 \sim 10^{10}$ J
・ 帰還雷撃の速度：1/3～1/2 光速	・ 雷のピークパワー： 10^{12} W
・ 帰還雷撃の電流：数十 kA	
 - ③ 落雷点の評定
 - ・ 磁界アンテナ 2 台——直交ループアンテナ（交会法）
 - ・ 磁界アンテナ 3 台——到達時間差法
 - ・ アンテナの種類：磁界アンテナ，容量性アンテナ，VHF アンテナ
 - ④ 実用されている雷位置評定システム例
 - ・ 雷放電の 3D マッピング原理
 - ・ Lightning Mapping Array system (LMA) の最初の考案者は，Dr.Krehbiel
 - ・ LMA の設置例（North Colorado 100km 四方に 15stations）
 - ・ LMA による北陸冬季雷の観測（風車・鉄塔から半径約 10km 以内に LMA を 9

か所設置)

- ・アメリカでは 15 の LMA が稼働 (1998 年～)
- ・日本も東京を中心に LMA が設置された。(昨年)
- ・岐阜およびその周辺に FALMA を 12 か所設置
- ・Google から FALMA lightning を検索すれば、ほかの動画も見られる。
- ・FALMA の雷撃点評定誤差の検討
- ・雷撃事故例を用いた評定誤差の評価 (1) 犬山城のしゃちほこ破損 (2017.7.12)
- ・雷撃事故例を用いた評定誤差の評価 (2) 愛知医大の落雷
- ・雷放電, 落雷別の自動表示プログラムの開発 (動画)
- ・落雷予測の試み

4. 複合施設での雷被害 (講師: 山本和男氏 (中部大学))

- ① 中部大学での雷被害: 中部大学は高台に位置し、キャンパス内には 15m を超える建物が多く、落雷の標的となりやすい環境下にあり、2012 年から 2016 年の間で雷被害が発生した。
 - ・雷サージ推定侵入経路と被害原因 (2012 年 8 月 6 日: 入口ゲートループコイル制御盤, ドーム式駆動カメラ, 大泉寺ゲートカメラ, 北門・正門通信基盤, PTZ ドーム式駆動カメラ)
 - ・雷サージ推定侵入経路と被害原因 (2012 年 8 月 13 日: CATV ブースター)
 - ・雷サージ推定侵入経路と被害原因 (2012 年 8 月 18 日: 空調チラー制御盤)
 - ・2013 年, 2014 年, 2015 年, 2016 年の被害状況
- ② 愛知工業大学の雷被害: 愛知工業大学は山々に囲まれた自然に恵まれた環境にあり、周囲に高い建物等は少なく、大学内の建物は落雷の標的となりやすい環境下にある。2016 年, 2017 年に雷被害が発生した。
 - ・2017 年 8 月 10 日: 時計台を中心に南～西方約 0.5km 程度の地点の校外に 40kA を超える電流値の落雷があり、それによって校内で雷被害が発生したと推測 (新 1 号館 2 階の火災受信機, 体育館 1 階測定準備室の火災受信機)
 - ・2017 年 8 月 22 日: 時計台から南方約 0.4km 程度の地点の校外に電流値 18kA 程度の落雷があり、それによって校内で雷被害が発生したと推定 (新 1 号館 2 階パソコン, コピー機, 2 号館事務室火災受信機, 小体育館 1 階ロビー火災受信機, 警備室火災受信機)
- ③ 名古屋工業大学の雷被害: 名古屋市中心部にあり、約 14 万平方メートルの敷地が南北に分かれている。特別高圧を地下ケーブルで引き込み、各建屋に地下洞道から配線されている。南側の構内の各建屋には、地下に受変電設備があり、接地も各建屋の電気室で個別に敷設されている。接地の等電位化は行っていない。大学敷地内への落雷頻度はきわめて少なく、雷被害事例も少ないが、2016 年 8 月 2 日 15 時から 16 時にかけて、近隣施設への落雷に伴い、大学構内の複数の電気設備に被害が発生した。
 - ・2016 年 8 月 2 日: 0.5km 圏内に 2 回の落雷が観測された。最も近い落雷は、中心から 0.4 km 地点で、負極性 23kA の電流値が観測された。(1 号館電気錠, 中央ポンプ

室受電盤トランスデューサー，6号館エレベータ制御盤内遠隔監視装置，18号館エレベータ制御盤内遠隔監視装置，51号館カードリーダー，56号館火災受信機，体育館カードリーダー，特高受電室PC（DTP装置）のCOM1ポート）

- ④ 愛知医科大学の雷被害：愛知医科大学は名古屋市北東部の丘陵地帯にあり，10万平方メートルを超える敷地には病院棟，大学棟，研究棟および体育館など12棟の建物が配置されている。中でも病院棟は当医大の中核をなす建物であり，旧病院棟の老朽化に伴って，2013年に新築された。建物雷撃のリスクから眺めれば，当医大の周囲数百mは田畑が広がる住宅地であり，当医大以外には高い建物は見当たらない。敷地内には軒高30mの既設建物が3棟あるが，とりわけ病院棟は最高部70mと雷撃のリスクが高い環境にある。
- ・ 2017年8月22日：同日夕刻，愛知県北西部に巨大な雷雲（スーパーセル）が発生して東方向へ移動した。そのため，愛知県内には6,900発とも7,000発とも言われる落雷があり，各地で停電や住宅火災などの被害があった。（一次的被害（一時的に機能低下はしたが鎮静後は正常動作に復帰）：電話交換機設備，中央監視設備，照明コンセント設備。永久的被害（基板や部品交換で復帰）：ITV監視設備，駐車場ゲート装置，ELV監視設備，中央監視設備）

5. 複合施設の雷被害対策方法（講師：井口 智氏（株サンコーシャ））

- ・ 雷の発生：雷は静電気と同じ原理で発生する自然現象です。
- ・ 夏季雷と冬季雷：冬季雷は夏季雷よりエネルギーが大きいものがある。
- ・ 全国落雷密度マップ：九州地区多い
- ・ 全国落雷日数マップ：九州，北陸多い
- ・ 全国落雷日数マップ（夏季と冬季の違い）：夏季は九州，冬季は北陸
- ・ 直撃雷の電流値：平均約30kA，200kA以上が約1%，100kA以上が約2%
- ・ 想定する電流値：電流波高値Iで200kA，雷放電300C，日本の風力発電設備（冬季雷地区）の雷対策は600C想定。
- ・ 雷被害の増加：高度情報化社会において雷被害件数が増加
 - ・ ネットワークによる雷被害の増加
 - ・ 直撃雷と誘導雷
 - ・ 雷サージの侵入経路：雷サージ侵入経路は状況により様々であり，雷対策を検討する際は想定される侵入経路全てに行う必要がある。
 - ・ 雷により機器が破損される理由：耐圧破損，保護協調
 - ・ 雷により被害を受ける事例①：接地間電位差（建物間にケーブルが繋がっていると，広範囲に雷害が発生する可能性がある。）
 - ・ 雷により被害を受ける事例②：誘導雷（近傍への落雷により誘導雷が発生し雷害が発生）
 - ・ 雷により被害を受ける事例③：フロア間の電位差（フロア間に電位差が発生し雷害が発生）
 - ・ 雷により被害を受ける事例④：電磁誘導による被害（建物内に誘導雷が発生し雷害が発生）
- ・ SPDによる機器保護の概要

- ・ 雷保護全般に関する JIS
- ・ サージ防護デバイス (SPD) 関連の JIS
- ・ 国交省監修による雷保護基準が記載されている書籍 (建築設備設計基準, 公共建築工事標準仕様書, 雷害対策設計施工要領 (案)・同解説, 電気設備工事監理指針, 官庁施設の基本的性能基準及び同解説)
- ・ 総合的な雷保護システム (LPS)
 - ・ 外部 LPS
 - ・ 内部 LPS
 - ・ 電気及び電子システムの雷保護 SPM
- ・ SPD の設置位置について
 - ・ 低圧電源用 SPD 設置位置の事例
 - ・ 通信・信号用 SPD 設置位置の事例
 - ・ SPD の性能表示
 - ・ 低圧用 SPD の構成例
 - ・ 被保護機器の耐電圧と SPD の電圧防護レベル
 - ・ SPD の接地と被保護機器の接地が繋がっていない場合の被害
 - ・ SPD を電源回路のみに設置した場合の被害
 - ・ 片側のみ SPD が設置されてる場合の被害
- ・ 高圧と低圧の雷対策方法の違い
 - ・ 高圧設備 (600V 超) の雷保護方法は低圧側と大きく変わらないが, 雷保護に使用する部材等は大きく異なる。
 - ・ 高圧設備の雷保護を行うものとしては高圧避雷器, 耐雷ホーン (アークホーン), 架空地線 (接地も含む) などがある。
 - ・ 直撃雷対策を行う場合は架空地線, 避雷器を使用する。
 - ・ 架空電線路の場合, 高圧避雷器を設置する義務がある場合がある。
 - ・ 高圧設備を監視する機器は低圧線や通信・信号線が使用されている場合があるため, 低圧用 SPD, 通信・信号用 SPD 等により保護する必要がある。
 - ・ 工場設備の外部雷保護システム構成例
 - ・ 電話設備の雷対策例
 - ・ 放送設備の雷対策例
 - ・ LAN 設備の雷対策例
 - ・ 火災受信機の雷対策例
 - ・ 防災設備の雷対策事例
 - ・ ITV 設備の雷対策事例
 - ・ 中央監視設備の雷対策事例
 - ・ 太陽光発電設備の雷対策事例
 - ・ 監視カメラシステムの雷対策事例
 - ・ SPD の設置事例

6. 質疑

- ・ 落雷予測はどの程度のレベルですか？

回答：予測は過去の実績データで予測されますが、必ずしも落雷するとは言い切れません。警報用には役立つと思います。

- ・ 通信・防災・通信設備の SPD の耐電圧は決まっていますか？

回答：メーカーにより自社基準で決めているので、必ずしも落雷のレベルに適応できる保証はありません。

以 上