

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19360134

研究課題名（和文）

100m級風車・避雷塔への冬季雷を利用する電気・通信・家電設備の雷保護の研究

研究課題名（英文）

Study on Lightning Protection of Electric Power Installation, Telecommunication and Home Facility using Natural Winter Lightning to Wind Power Generator and Lightning Tower

研究代表者

中村 光一（NAKAMURA KOICHI）

中部大学・工学部・教授

研究者番号：10024283

研究成果の概要（和文）：

冬季自然雷の落雷電流とその大地・接地系への分流電流、さらに電気設備系、通信装置系への伝播サージ電流の測定を行った。観測地は石川県内灘風力発電所地内と同県加賀市山麓の北陸放送ラジオ送信局の2箇所である。前者では100m級の高構造体への直撃電流とその大地への分流、後者ではいわゆる逆流雷による雷サージ電流の観測に成功した。同軸型接地電極の基礎的な研究を併せて行った。国際会議（4件）、電気設備学会全国大会（7件）で研究報告を行った。

研究成果の概要（英文）：

Observation and Measurement of lightning surge current due to the direct lightning nearby through the ground electrode and low voltage indoor power line were performed in a wind power station, Kahokugata Wind Generation Site, and Hokuriku broadcast satellite station for winter lightning. Several direct striking currents and its partial surge currents were measured. Those results were presented at international conference and annual meeting of electric installation society, including fundamental investigation results on a proposed grounding electrode with coaxial type structure.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 電子工学・電力変換・電気機器

キーワード：冬季雷、雷サージ、雷サージ電流・分流、設備雷保護、電磁干渉、リーダ電流

1. 研究開始当初の背景

近年避雷針等への落雷による電気・通信・家電機器の雷災害が目立っている。接地系から侵入した雷サージ電流が原因であるといわれる。落雷電流が大地に分流し、他の接地極からどのように侵入し、機器へ伝播するかを解明することが重要である。室内モデル設備での実験研究は各地で試みられるが、実雷に対する実測例はほとんど皆無である。北陸地方は冬季雷のメッカであり、特に 100m 級の高い構造物への落雷頻度は高く、例えば、石川県内灘町風力発電所では期間中平均 30 回の落雷が観測されている。

実雷電流が大地をどのように分流するか、電流波形のみならず大地への伝播実測が待たれている。また接地系の工夫によって分流特性が制御可能か、などは興味ある研究である。

2. 研究の目的

近年低圧需要家設備の雷害が多発している。この主たる原因は各種機器設備の電子、IT 素子の高密度化、薄膜化、高密度実装化のゆえにサージ耐性が極めて小さくなっているからである。これに鑑み、本研究は低圧需要家の確実な雷防護対策の確立を目指し、需要家設備への雷サージ進入や元となる雷撃点の電位上昇、複数接地系への雷サージ電流の分流の割合などの特性を明らかにすることにより、総合的な雷防護対策を立案することを目的とする。

- (1) 基本はデータの得られやすい冬季雷を対象にする。しかし観測の自動化を図り夏季雷を含めた年間通して観測を行うシステムを構築する。
- (2) 直撃雷、間接雷撃、電磁誘導干渉に伴うサージ電流のパラメータ、例えばピーク値、電荷、固有エネルギー、峻度等を調べる。
- (3) 接地電位上昇やサージ電流が雷導体から接地線を経由して分流し、各種機器に侵入するかを計測し、分析を行う。
- (4) 同軸形状の新型接地電極の基礎的検討を行う。
- (5) 大地内伝播電流を残留磁化から求めるセンサを埋設し、土中サージ電流分布の可視化を狙う。
- (6) 以上の成果に基づき、雷保護の観点から適正容量のサージ保護装置を設置する適正な位置や適正回路構成を検討することを第二の目的とする。

2. 研究の方法

計測の対象は、数十 k A に達する落雷電流の測定とその大地系および接地系から電源系に侵入する雷サージ電流の測定、さらには大地中の伝播電流の可視化、および電位上昇測定である。

- (1) 石川県内灘町風力発電所地内に電流、電圧測定器を適当な場所に配置し、測定を行う。電流測定装置は 8 箇所、電圧測定装置は 5 箇所、土中に磁化センサを埋設して、電流の分流を計測する。
- (2) 全て自動観測として、年間を通して測定が可能である。記録したデータは適宜回収する。トリガ時間は光ファイバーでリンク化している。
- (3) 測定波形から、雷電流のパラメータの分析、統計処理をおこなう。分流の雷サージ電流に対しても、分流特性と接地抵抗、電流パラメータ、サージインピーダンスを求める。
- (4) 石川県加賀市山中町ラジオ送信所ではアンテナおよび局舎内の 7 箇所の地点に電流測定系を設置し、同時測定を行う。GPS によりトリガの時刻を正確に知ることができる。自動計測が可能であるので、年間を通して計測を行う。
- (5) 測定波形から、雷電流の分流、伝播を分析する。雷電流のパラメータを解析する。
- (6) 同軸形状の接地電極・雷胴体の電気的特性を実験、数値シミュレーション解析から明らかにする。

3. 研究成果

- (1) 平成 19 年度の研究成果
 - ① 平成 19 年度の初年度は内灘風力発電所の 1 か所からスタートした。同構内に既設の風車と避雷塔への雷放電電流計測装置に加えて、風車の 75m 深埋設接地や付加した同軸型接地電極、45m 深埋ダッシュアース、配電系統接地線への分流電流を測定する装置計 5 台、および風車タワー電位上昇測定装置 1 台の計 6 台を設置し、平成 19 年 12 月末より本格的な観測に入り、3 月末に一応終了した。
 - ② 数例の雷電流に対して同時計測に成功し、主電流、分流電流サージ、電位上昇の測定例が図 1 である。この成果は電気設備学会全国大会（愛媛大学、平成 29 年、9 月）

で発表した。

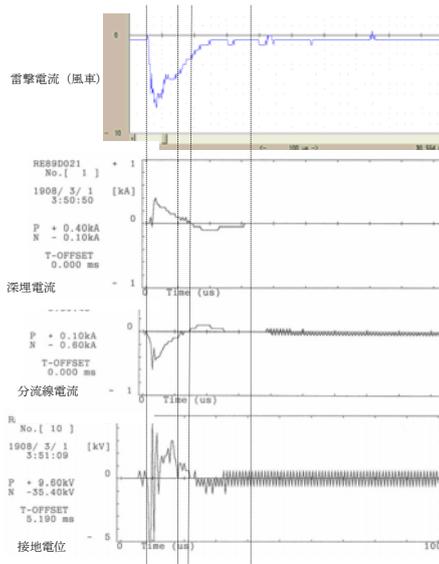


図1 雷撃電流と分流電流、接地電位 (平成20年3月1日 3:51:25)

またこの成果を2009年4月、6th Asian Lightning Protection Forum, E-03, Yokohama で発表した。世界でも実雷電流の大地への分流電流の測定例はなく、参加国の研究者に大きなインパクトを与えた。

- ③ 電気設備、情報通信設備、家電設備への雷サージ侵入：同構内の配電柱接地電流を測定した。これらは接地極から上記電気系設備への雷サージ侵入と見立てることができる。50m離れた避雷塔からの雷電流に対して、0.5 kA～1.5 kA級、高い立ち上がりで数 kA/ μ s 級の雷サージ電流を記録した。
- ④ 同軸形状の避雷導体、接地電極としての摘要性の検討を行い、理論、小モデルの室内実験、実用化モデルのインパルス試験を実施して、基礎特性を明らかにした。この成果を3件に分けて、平成19年9月、電気設備学会全国大会(広島工大)で発表した。関心を集めた。

(2) 平成20年度の研究成果

- ① 今年度の観測場所は、2箇所、第一は昨年に引き続き石川県河北郡内灘町内灘風力発電所構内、第二は石川県加賀市山中町地内のラジオ送信所である。観測は平成20年12月初旬から平成21年3月にかけての約3ヵ月半であった。内灘では6台の電流測定器を光ファイバーリンク化し、同時トリガで各装置の波形が観測できるようにした。
- ② 内灘風力発電所での研究成果をまとめると、今年度は襲来の頻度が数日と少なく、避雷塔、風車への落雷は少なかったことと、光リンクの動作不良により顕著な波形は得られなかった。

- ③ 山中での研究成果をまとめると、ラジオ送信所の電源回路に流れる雷サージ電流を数例観測した。これらの観測例では、雷サージ電流は配電系から侵入し、一部は雷保護装置(SPD)を介して大地へ、また一部は送信機への回路に向かってながれる様子が測定できた。これらはけいから、電流パラメータを求めることができた。

この成果は2009年電気設備学会全国大会(富山大学)で発表した。このような低圧系の回路での実雷によるサージ電流の観測例は極めて少なく、貴重な観測データに大きな関心を集めた。

- ④ 同軸形状の避雷導体に関してはさらに基礎検討を進め、成果を2008年、29th ICLP(スウェーデン)で発表し国際的な関心を集めた。さらに2009年6th Asian Lightning Protection Forumでもアジア地区の研究者に対して発表を行い、意見を交わした。

(3) 平成21年度の研究成果

- ① 観測場所は、昨年に引き続き石川県河北郡内灘町内灘風力発電所構内と石川県加賀市山中町地内のラジオ送信所である。観測は平成21年11月後半から平成22年3月にかけての約4ヵ月半であった。内灘では6台の電流測定器に加えて4台の歩幅電圧測定器を配置した。
- ② 内灘風力発電所での研究成果は時間の都合上整理が終わっていないが、鋭意整理中である。10台の測定器の同時動作による波形が1例あることを含め、研究発表にたる観測データが得られた。
- ③ 並行して大地内伝播を残留磁化測定を行い、そのデータから土中電流分布を求める作業を行った。
- ④ 山中での観測データも数例得られた。特に逆流雷サージに該当する貴重な実雷データが得られた。このような低圧系回路の実雷サージ電流の観測例は皆無であり、大きな関心が集まることが期待される。現在鋭意分析中である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計11件)

- ① 中村光一、櫻野仁志、安井晋示、細川裕恭、窪内祥之、高木大介、「北陸ラジオ送信所電気設備への雷サージ電流測定」、第27回電気設備学会全国大会、2009年8月28日、

富山大学

② 永田翔一, 酒井英男, 嶋田朋之, 升方勝己, 「雷撃電流の大地内伝播を残留磁化から探る—IG電流を利用したモデル実験」、第27回電気設備学会全国大会、2009年8月28日、富山大学

③ Koichi .Nakamura, Hitoshi .Sakurano, Shinji Yasui, Akio Nakanishi, “Lightning Current Measurement on a Wind Power Generation Tower/a Lightning Tower and those Grounding Electrodes”, 6th Asian Lightning Protection Forum, E-03, 2009年4月17日,メルパルク横浜 (神奈川県)

④ Shinji Yasui, H.Hoshii, Takashi Miyakawa Hitoshi .Sakurano, Koichi Nakamura, “Basic Properties of a New Lightning Conductor and/or Earth Electrode with Coaxial Structure and Conductive Filler”, 6th Asian Lightning Protection Forum, E-05, 2009年4月17日,メルパルク横浜(神奈川県)

⑤ 山田修也, 吉井寛人, 安井晋示, 中村光一、宮川隆「同軸構造導体のインパルス特性」、26回電気設備学会全国大会、2008年9月4日、愛媛大学

⑥ 中村光一、櫻野仁志、安井晋示「風車タワー/避雷塔への雷敵電流と大地への分流電流測定」、26回電気設備学会全国大会、2008年9月4日、愛媛大学

⑦ Shinji Yasui, Takashi Miyakawa, Koichi Nakamura “Proposal of a new lightning conductor and /or earth electrode with coaxial Structure and conductive filler”, 29th ICLP, 9-16-1 Uppusala, Sweden, June 23-26, 2008

⑧ Koichi Nakamura, Hitoshi Sakurano, Akio Nakanishi “Observation of Winter Lightning Striking a Wind Power Generation Tower/a Lightning Tower and its Statistical Analysis”, 29th ICLP, Uppusala, Sweden, June 23-28, 2008

⑨ 中村光一、安井晋示、吉井寛人、堀部勲夫、宮川 隆、「同軸構造による雷サージ電流分流形引き下げ導体および接地電極の提案」、25回電気設備学会全国大会、2007年9月7日、広島工業大学

⑩ 吉井寛人、高島勇介、安井晋示、堀部勲夫、宮川 隆、中村光一、「同軸構造導体の分流一周波数特性」、25回電気設備学会全国大会、2007年9月7日、広島工業大学

⑪ 堀部勲夫、吉井寛人、高島勇介、安井晋示、宮川隆、中村光一、「同軸構造導体のインパルス試験」、25回電気設備学会全国大会、2007年9月7日、広島工業大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 光一 (NAKAMURA KOICHI)
中部大学・工学部・教授
研究者番号：10024283

(2) 研究分担者

櫻野 仁志 (SAKURANO HITOSHI)
石川工業高等専門学校・教授
研究者番号：50042932

角 紳一 (SUMI SHINICHI)
中部大学・工学部・教授
研究者番号：00102773

安井 晋示 (YASUI SHINJI)
名古屋工業大学・工学部・准教授
研究者番号：30371561

酒井 英男 (SAKAI HIDEO)
富山大学・理工学研究部・教授
研究者番号：30134993

(3) 連携研究者

なし