

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560339

研究課題名(和文) 高圧気相に起因する雷サージ抑制による海浜発電施設の接地雷軽減に関する研究

研究課題名(英文) Study on current reduction via ground into power generation systems near coast by controlling lightning surges due to high pressure gas phase

研究代表者

岡野 大祐 (Okano, Daisuke)

東海大学・熊本教養教育センター・教授

研究者番号：00169129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：海浜発電設備の接地経由雷保護を目的として、高圧気相中建築材に対する雷衝撃放電実験を行い、次の結論を得た。(1) KCl塩水浸潤モルタルギャップの放電波形は単極性を示し、放電しきい値電圧は乾燥時に比べて33%に低下する。(2) 5気圧以下高圧空気中の塩水浸潤コンクリートギャップではコンクリートの沿面放電が増加するが、正負極性の放電電流最大値は共に47%に減衰する。この結果は気相圧力増加と共に塩水浸潤コンクリート内部の浸潤領域が減少して、放電抵抗が増加することを意味する。(3) 接地系統周辺部から侵入する雷電流に対して、当該研究手法の適用が有効と考えられる。

研究成果の概要(英文)：To reduce the lightning current via the ground into power generation systems near the coast, the impulse discharge experiments have been performed using the building material gap soaked by a simulated sea under high-pressure dry-air conditions. The results are as follows; (1) in the case of mortar gap soaked by a simulated sea, using the KCl water solution, the discharge waveforms has unipolar one s and the discharge threshold voltage is reduced to 33 % compared with the dry gap, (2) in the case of concrete gap soaked by a simulated sea in dry-air within 5 atm, the discharge emission pattern widely expands on the concrete surface and the peak current amplitudes are also reduced to 47 % compared with the dry gap, where this means that discharge resistance in a concrete volume increases with increasing air pressures, and (3) it is considered that an application of the concerned study is available against lightning current invasion in the region surround a grounding system.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：落雷 高圧気相 雷サージ コンクリート 内部雷保護

1. 研究開始当初の背景

(1) 雷害対策

日本国土は先進諸国の中で年間を通じて雷雨日数が最も多く、雷特性は夏季雷(4~10月)と冬季雷(11~3月)で大きく異なる。すなわち、①雷雲高度は夏季で高く、冬季は低い。②夏季雷の90%は負極性放電が占め、冬季雷は50%程度が正極性放電である。③冬季雷は電流継続時間が長く、雷電荷量は夏季雷の100倍程度大きい。④夏季雷は大部分が下向き放電であるが、冬季雷は上向き放電が多い。⑤日本海沿岸部は冬季雷の多大な被害が発生している。

雷伝搬過程(経路)の観点から、相手が電極となって直接落雷する直撃雷、導体の電磁誘導で発生する誘導雷、落雷後の残留電荷由来の雷サージが地層を迷走する接地雷、および接地抵抗部の電位上昇により配電系統に雷サージが逆流する逆流雷に分類される。国際的な雷保護指針はIEC規格の「構造物の雷からの保護」⁽¹⁾や「電磁波パルスに対する保護」⁽²⁾に述べられており、JIS規格発行の根拠となっている。しかし、国内冬季雷ではIECが想定する雷最大電荷量300 Cを超える400 Cが観測されており、従来規格を超える実用的な避雷手段が早急に必要とされる。

直撃雷対策は、受動法として直接受雷する避雷針、避雷鉄塔⁽³⁾および架空地線の活用などがあるが、能動法は落雷場所を制御するレーザ放電法⁽⁴⁾によるアプローチがあり、北陸地域の冬季雷に対して、1997年に河崎善一郎博士の共同研究グループ⁽⁵⁾が成功している。誘導雷対策は、配電線や送電線などの最上部に配架した接地電位の架空地線⁽⁶⁾をサージ防護装置(SPD)と組み合わせて用い、雷サージを効果的に大地へ放出する。接地雷および逆流雷対策は山頂に設置した通信施設や海浜発電設備において重要である。山頂の通信施設では、接地抵抗が高いため独自の接地導体ステーションで逆流雷対策を行っている。

一方、風力発電などの海浜発電施設は、地球環境維持の観点から大電力を得るため大型化の傾向にあるが、運用経験が浅く、等電位ボンディングとSPDの組合せによる接地雷対策を行っている。しかし、海面や海岸の落雷に起因する雷サージの海岸施設への伝搬過程詳細は不明であり、かつ塩水浸潤の海岸土壌や海面経由の放電経路においては雷サージェネルギーの減衰は期待できないと推測され、内陸部の接地雷対策に対してより強力で効果的な雷保護手段が求められる。

(2) 発電施設基礎の電気的特性

海浜土壌の接地抵抗は塩水浸潤等により比較的低い値を示し、雷サージ侵入が内陸部より容易と考えられる。建築物基礎に用いるコ

ンクリート層のインピーダンスは、水分や塩分の浸透により抵抗成分や容量成分⁽¹⁾が含まれ、雷撃周波数帯で抵抗率および比誘電率は急減⁽²⁾する。そのため、地中埋設部の雷保護手段は、コンクリートの鉄筋線、接地線および接地板による等電位ボンディングのみであるので、さらに強化した避雷手段が望まれる。

[文献] (1)IEC 61024-1 (1990), (2)IEC 61312-1~3 (1995), (3)日本型風力発電ガイドライン<落雷対策編>, NEDO (2003), (4)D. Okano: IEEE Trans. on Plasma Sci. vol. 27, pp.124-125 (1999), (5)島田, 内田, 安田, 本越, 石窪, 河崎, 山中(龍), 足立, 山中(千): 電気学会誌, vol. 119-A, p.p.990-996 (1999), (6)諸岡, 横山, 浅川: 電気学会誌-B, vol. 112, pp.711-719 (1992), (7)野田, 河野, 久田, 森濱: コンクリート工学年次論文集, vol. 24, pp.575-580 (2003)

2. 研究の目的

(1) 海浜の風力発電施設や原子力発電施設に対する雷保護について、特に海面落雷による接地雷(地層の雷サージ)侵入を抑制し、発電施設の埋設電力機器等で発生する雷害軽減を目的とする。

(2) 海浜-発電施設基礎間の複合ギャップを液相(KCl塩水)と固相(コンクリートあるいはモルタル)を用いて模擬し、その標準雷インパルス放電特性から接地雷の被雷様相を推定する。

(3) 実際の複合ギャップを液相-固相-気相(高気圧の空気あるいは高電子親和性ガス添加窒素)で構成し、標準雷インパルス電圧印加において、気相部および液相部の放電抑制効果の実験検証と検討を行い、大規模施設に適用する際の課題をまとめる。

3. 研究の方法

3ヶ年間の研究期間において、毎年度の段階的実験調査を実施し、最終年度において当該研究の統括を行う。

(1) H23年度 固相の放電特性調査

① 固相のインピーダンスを低周波から高周波において測定

② 複合ギャップⅠ(液相-固相)の雷インパルス放電実験

(2) H24年度 気相の放電抑制効果調査

① 複合ギャップⅡ(固相-気相)の雷インパルス放電実験

② 複合ギャップⅡの放電抑制実験

(3) H25年度 実用モデルの放電抑制効果調査

① 複合ギャップⅢ(液相-固相-気相)の雷インパルス放電実験

② 複合ギャップⅢの放電抑制実験(図1参照)

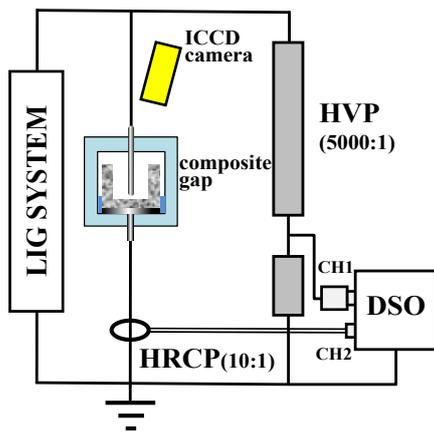


図1 実験装置概要

4. 研究成果

(1) 海浜発電施設の建築材(モルタル)を固相、KCl 塩水で模擬した海水を液相として液相経由の固相ギャップ放電実験を行った。乾燥固相単体に比べ、浸潤固相の放電しきい値電圧は33%に低下し、放電波形は単極性を示す等の知見を得た。これより、海浜接地雷対策には単極性 SPD による対策が有効と考えられる。

(2) 液相(模擬海水)-固相(コンクリート:液相浸潤期間 14 日)-気相(高压空気)の複合ギャップを用いて、気相圧力増加による放電抑制実験を行った。気相圧力を 1-5 atm で変化するとき、放電電流最大値は減少傾向を示し、5 atm において最大減衰率 47 %を示した(図 2: RI+, RI-は各々正負極電流を表示)。この結果は気相圧力増加と共に塩水浸潤コンクリート内部の浸潤領域が減少して、放電抵抗が増加したことを意味し、高压気相中のコンクリート貫通電流の減衰傾向を示している。

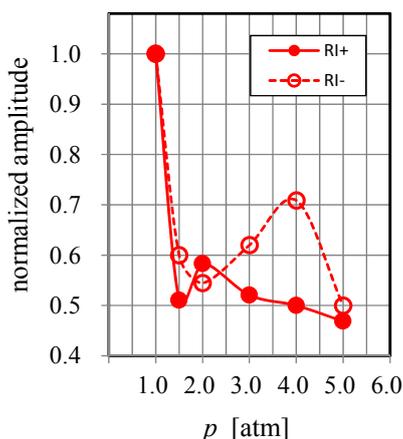


図2 電流減衰率の気相圧力依存性

(3) 海浜発電施設内電力機器系統に接続された接地系統周辺部からの落雷由来電流の侵入に対して、当該研究手法の適用を図ることにより軽減対策を検討することができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者)

[雑誌論文] (計 3 件)

① D. Okano: Lightning Impulse Discharge Behaviour in Tap-Water Gap, *Int. J. Elect. Eng. Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 182-191 (2013). [査読有]

② D. Okano: Time-lag properties of corona streamer discharges between impulse sphere and dc needle electrodes under atmospheric air conditions, *Rev. Sci. Instrum.*, vol. 84, pp. 024702(1)-(6) (2013). [査読有]

③ D. Okano: Simple method of determining plasma impedance of streamer discharge in atmospheric air, *Rev. Sci. Instrum.*, vol. 82, pp. 123502(1)-(5) (2011). [査読有]

[学会発表] (計 15 件)

① D. Okano: Suppression Property of Higher Harmonics Included in Impulse Discharge between Air and Concrete Material Invaded by Salt Water under High Air Pressures, *Proc. of Int. Conf. High Volt. Eng. and Appl.*, 8-11 Sept., Poznan, Poland., pp. 1-4 (2014).

② 岡野大祐: 大気圧コロナストリーマ放電遅れ時間の直流バイアス電圧依存性、日本大気電気学会第 90 回研究発表会、東京学芸大学、9 Jan. (2014).

③ 岡野大祐: 高压空气中塩水浸潤コンクリート材の雷インパルス放電様相、第 31 回電気設備学会全国大会、大阪府立大学、3 Sept. (2013).

④ 岡野大祐: 大気圧コロナストリーマ放電路の電子温度推定(2)、日本大気電気学会第 89 回研究発表会、東海大学、5 July (2013).

⑤ D. Okano: Lightning Impulse Discharge Behavior Between the Air and Building Material Invaded by Salt Water at High Air Pressures, *Proc. of 8th Asia-Pacific Int. Conf. on Lightning*, 26 Jun., Seoul, Korea., no. PSLPP-220, pp. 523-527 (2013).

⑥ 岡野大祐: 大気圧コロナストリーマ放電路の電子温度推定、日本大気電気学会第 88 回研究発表会、東京理科大学、10 Jan. (2013).

⑦ D. Okano: IMPEDANCE PROPERTY OF LIGHTNING IMPULSE DISCHARGE IN WATER GAP, *Proc. of 16th Asian Conf. Elec. Discharge*, 11 Dec., Johor Bahru, Malaysia., pp. 1-4 (2012).

⑧ D. Okano: Impedance Property of Lightning Impedance Discharge in Short Composite Gap Consisting of Air and Water, *Proc. of 31th Int. Conf. on Lightning Protection*, 5 Sept., Vienna, Austria,

pp. 1-5 (2012)

⑨岡野大祐：標準雷インパルス電圧印加によるモルタルの放電特性、第 30 回電気設備学会全国大会、名古屋大学、22 Aug. (2012).

⑩岡野大祐：大気中ストリーマ放電路のインピーダンス特性(2)、日本大気電気学会第 86 回研究発表会、電気通信大学、6 Jan. (2012).

⑪岡野大祐：大気圧不均一ギャップにおけるストリーマ放電路のインピーダンス特性、放電学会、東京都市大学、26 Nov. (2011).

⑫岡野大祐、駒井知央、坪田淳：大気圧不均一ギャップにおけるリーダ放電路のインピーダンス特性、放電学会、東京都市大学、26 Nov. (2011).

⑬瀧坪和隆、岡野大祐、駒井知央、吉井源治：北陸沿岸地方の冬季雷被害の調査、第 29 回電気設備学会全国大会、宮崎大学、15 Sept. (2011).

⑭岡野大祐：大気中ストリーマ放電路のインピーダンス特性、日本大気電気学会第 85 回研究発表会、高知高等工業専門学校、21 July (2011).

⑮坪田淳、岡野大祐、駒井知央、瀧坪和隆：大気経由海面へのリーダ放電特性、日本大気電気学会第 85 回研究発表会、高知高等工業専門学校、21 July (2011).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡野大祐 (OKANO, Daisuke)

東海大学・熊本教養教育センター・教授

研究者番号：00169129