

# 論文内容要旨 (和文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 エレクトロメカニカル工学講座

学生番号 02522304

氏 名 工藤 祐輔



論文題目 浮動電位を持つ導電性粒子からのコロナ放電現象に関する研究

強い電界下に置かれた粒子は1個の粒子の存在自体で、あるいは粒子群となって放電を引き起こすものがある。これらの粒子はたとえ電極に接触していなくても、浮動電位を持ち、コロナ放電を引き起こし、問題となる場合がある。このような浮動電位を持つ粒子によって引き起こされる現象として、送電線近傍の雨滴から起こるコロナ放電があり、電波障害や騒音などの原因となる。また、電力設備で用いられる GIS 等の高電圧機器の内部に金属異物が混入した場合には、浮動電位を持った異物を介して絶縁破壊が起き、装置の絶縁性能の低下をもたらす。粒子が気中に浮遊した場合のみならず、がいし表面のような絶縁物上に水滴や、汚損層などが付着した場合にも、粒子は浮動電位を持ち、局部放電の原因となる。近年、新たながいしとして期待されている高分子がいし表面で起きるコロナ放電は、高分子がいし表面の撥水性を低下させる原因として指摘されている。これら、高電圧を扱う機器などで起きる問題を解決するためには、粒子が原因となって発生するコロナ放電現象を明らかにする必要がある。

以上のことから、本研究では浮動電位を持った粒子からのコロナ放電現象を理解し、その放電機構を解明することを目的とし、導電性粒子が気中、あるいは絶縁物上にある場合の直流コロナ放電特性、交流コロナ放電特性について調べている。本論文は6章から構成されている。

第1章は緒論であり、これまでに確認されてきた浮動電位を持つ導電性粒子からの放電現象について列挙し、現象解明の必要性を指摘している。

第2章では直流電界中に置かれた線状粒子の挙動とコロナ放電現象の関係について述べている。これまでの研究から、直流電界中に置かれた線状粒子が電極上で独楽のように回転する歳差運動を行うことがわかっている。ここでは、歳差運動中の線状粒子を介したコロナ放電現象について調べた。まず、運動中の線状粒子の電極面に対する傾き角度とコロナ放電電流の関係について求め、粒子に働く力について述べている。次に、運動中の線状粒子の様子と、そのとき流れるコロナ放電電流波形を測定間隔 2.5 ms 間隔で詳細に調べた。粒子が十分強い直流電界中で歳差運動を行う場合には、粒子が電極からわずかに浮き、1 mm 以下のマイクロギャップを介した放電を行っていることが明らかになった。

第3章では、線状粒子を介したマイクロギャップ放電特性について述べている。線状粒子を細い絶縁棒の先端に貼り付けて、平行平板電極間の所定の位置に固定し、電極と線状粒子の距離、すなわちギャップ長を一定に保った状態で直流コロナ開始電圧、直流火花放電電圧を調べた。ギャップ長を 0.2 mm 間隔で細かく変化させて放電特性を調べた結果、ギャップ長の変化とともにコロナ開始電圧、火花放電電圧ともに変化することが明らかになった。線状粒子が電極の近傍にあり、マイクロギャップ放電が起

きる領域では放電特性が大きく変化する。マイクロギャップ放電には極性効果が現れ、特に、粒子が正極性側の電極に近づくと火花放電が非常に起こりやすくなるトリガ効果が現れることを明らかにし、このトリガ効果が高電圧機器の絶縁性能において重要な問題となることを示した。

第4章では、空気中の湿度がコロナ放電現象に与える影響について述べている。電極周囲の相対湿度の変化とコロナ放電特性の関係を明らかにするため、粒子を電極間に固定し、直流電圧あるいは交流電圧を印加した場合の、コロナ開始電圧および火花放電電圧の相対湿度依存性を調べた。直流コロナ放電には湿度による影響が現れたのに対し、交流コロナ放電には現れなかった。このことから、直流コロナ放電に影響を与えるものとして、空気中の水分子が帯電する効果があることが示唆された。

第5章では、絶縁物上に置かれた導電性粒子からの放電現象について述べている。高分子がいしの外被材料として使用されるシリコンゴム上に、がいし表面に付着した汚損層を模擬した粒子を置き、交流コロナ放電特性を調べた。汚損層を模擬した粒子として、導電率の異なる水分を含ませたろ紙を用いることで、水の導電率によって放電特性が変化することが明らかになった。また、線状粒子をシリコンゴム上に置いたときの交流コロナ放電特性の相対湿度依存性を調べた。粒子を気中に固定した場合には、交流コロナ放電特性は相対湿度に影響されなかったのに対し、粒子をシリコンゴム上に置いた場合には、相対湿度の増加とともにコロナ開始電圧、火花放電電圧ともに高くなった。この結果から、シリコンゴム表面に付着した水分が放電に影響を与えていることが明らかになった。

第6章は結論であり、本研究で得られた知見をまとめ、成果の工学的意義を論じるとともに、今後の課題についてまとめた。

## 論文内容要旨 (英文)

平成 14 年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 エレクトロメカニカル工学講座

学生番号 02522304

氏 名 工藤 祐輔



論文題目 Study on Corona Discharge from Conductive Particles with Floating Potential

Conductive particles with floating potential in ac electric field could be a source of corona discharge and could deteriorate the performance of insulating system. The purpose of this research is to make clear the electrical discharge from the particle with floating potential.

Firstly, the influence of corona discharge on the behavior of a wire particle in a dc electric field formed by parallel plate electrodes was investigated. The angle of the wire particle during precessional motion to surface of electrode and the waveform of the corona discharge current were measured in detail. It became clear that micro-gap discharge occurred at micro-gap between the wire particle and the negative electrode. From observation of these micro-gap discharge characteristics, it became clear that dc corona onset voltage and dc breakdown voltage changed drastically near the electrodes. Especially, the wire particle in near proximity to the positive electrode facilitated occurrence of breakdown.

Secondly, the influence of relative humidity on dc corona discharge and ac corona discharge from the wire particle held in air gap was investigated. Dc corona discharge characteristic was affected by high relative humidity, while ac corona discharge showed no change by relative humidity.

Finally, ac corona discharge from conductive particle located on a silicone rubber sheet was investigated. It became clear that ac corona discharge occurring surface of the silicone rubber sheet was affected by relative humidity because water molecules attached to surface of silicone rubber sheet.

From these results, useful knowledge was obtained for improving reliability of the system deals high electric field.

# 学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成17年 2月18日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 ... 東山 禎夫

副査 ... 松下 浩一

副査 ... 八塚 京子

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

## 記

### 1. 論文申請者

専攻名 システム情報工学 専攻  
氏名 工藤 祐輔

### 2. 論文題目

浮動電位を持つ導電性粒子からのコロナ放電現象に関する研究

### 3. 学位論文公聴会

開催日 平成17年 2月16日  
場所 工学部7号館 320号室

### 4. 審査年月日

論文審査 平成17年 1月26日 ~ 平成17年 2月16日  
最終試験 平成17年 2月17日 ~ 平成17年 2月18日

### 5. 学位論文の審査及び最終試験の結果

(1) 学位論文審査 合格  
(2) 最終試験 合格

### 6. 学位論文の審査結果の要旨

別紙のとおり

### 7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別紙

専攻名	システム情報工学専攻	氏名	工藤 祐輔
学位論文の審査結果の要旨			
<p>浮動電位を持つ導電性粒子からのコロナ放電は、送電線近傍の雨滴やガス絶縁装置内の混入粒子、電力用がいしに付着した水滴や、導電性汚損層、藻などの湿潤などで生じ、絶縁性能の低下や、電波障害の原因となる。また、近年性能が大きく向上し、本格的な導入が見込まれている高分子がいしにおいては、がいし表面で発生した放電により表面の撥水性が低下し、絶縁性能の低下を引き起こす。しかしながら、このような浮動電位を持つ粒子や絶縁物上の汚損層からのコロナ放電特性はよくわかっていない。本研究は、電界中で電極に接触せずに、浮動電位を持った粒子からの放電現象および放電特性に及ぼす湿度の影響を明らかにしたものである。</p> <p>本論文は6章で構成されている。</p> <p>第1章は緒論であり、これまでに研究されている浮動電位を持つ導電性粒子からの放電現象を示し、本研究の背景と意義を述べた。</p> <p>第2章では平行平板電極間に線状粒子を置き、直流高電圧を印加した場合の粒子の挙動とコロナ放電電流波形を高速度カメラとデジタルオシロスコープを同期させることで、詳しく観察した。電極間に一定のギャップ間隔を保った状態で固定した線状粒子と自由に運動する粒子からのコロナ放電電流波形を比較することで、運動中の線状粒子におけるマイクロギャップ放電の存在を明らかにした。</p> <p>第3章では、線状粒子を介したマイクロギャップ放電について述べている。粒子が電極に接触している状態から、電極から離れて浮動電位を持つ状態へ遷移する領域で、放電現象も大きく変化することを明らかにした。</p> <p>第4章では、電極系を湿度が調整できる容器内に入れ、周囲の相対湿度を変化させた場合の放電現象の変化について調べた。また、線状粒子を平行平板電極間に浮遊した状態で固定した場合の放電特性の相対湿度依存性を明らかにした。</p> <p>第5章ではシリコンゴム上に置かれた導電性汚損層を模擬した粒子および浮動電位をもつ線状金属粒子からの沿面コロナ放電現象および相対湿度の影響を明らかにした。高湿度雰囲気では、コロナ放電が起こりにくく、シリコンゴム上の水分が放電に大きく影響を及ぼすことを明らかにした。</p> <p>第6章は本研究で得られた知見をまとめ、得られた成果の工学的意義を総括した。</p> <p>以上のように、本論文では浮動電位を持つ粒子からのコロナ放電現象を詳細に観察し、その特性を明らかにするとともに、高電圧設備や静電気応用機器で起きる放電現象を理解する上で、工学的に価値のある成果を得た。本研究の成果は学術雑誌(2編)、国際会議(2回)、国内学会(8回)で公表されている。以上を総合的に判断し、本論文は博士論文として十分であると判断し、合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>学位論文およびそれに関する分野に関し、最終試験を実施した。申請者は関連する分野の知識、理解力、研究能力、研究計画能力など博士(工学)として必要な能力を備えていると認められ最終試験は合格と判定した。</p>			