

Title	SF6ガス中トリプルジャンクションに起因する沿面放電特性に関する研究
Author(s)	羽馬, 洋之
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40295">https://hdl.handle.net/11094/40295</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	は 羽 ま 馬 ひる 洋 ゆき 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 7 1 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	SF <sub>6</sub> ガス中トリプルジャンクションに起因する沿面放電特性に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中 井 貞 雄 (副査) 教 授 西 川 雅 弘    教 授 井 澤 靖 和    教 授 青 木 亮 三 教 授 三 間 罔 興    教 授 桂 正 弘    教 授 岡 田 成 文 教 授 権 田 俊 一    教 授 中 塚 正 大    教 授 西 原 功 修

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ガス絶縁開閉装置において用いられている SF<sub>6</sub> ガス中で、固体絶縁物が金属に接触する部分の局所的電界集中に起因した放電現象のうち、特に沿面放電特性に関する研究成果をまとめたもので、8章から構成されている。

第 1 章は序論であり、ガス絶縁開閉装置 (GIS) における絶縁性能向上のため、金属、固体絶縁物及び SF<sub>6</sub> ガスのトリプルジャンクションに起因する放電現象を解明することの重要性を述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第 2 章では、GIS に使用される固体絶縁物(絶縁スペーサ)を模擬した円板形絶縁スペーサを用い、トリプルジャンクション部の局所的電界集中に起因する放電の諸特性を調べ、準平等電界下での放電特性と比較した特異性を明らかにしている。即ち、ストリーマ放電の開始条件は、SF<sub>6</sub> ガス中では最大電界強度に依存するが、トリプルジャンクション部では、微小ギャップ長とギャップ空間の電界分布との両者で決定されることを明らかにしている。

第 3 章では、正極性雷インパルス電圧の波頭で生じる沿面放電過程を、光学的手法で観測し、正極性沿面放電過程がトリプルジャンクション部でのストリーマコロナの発生(段階 1)、ストリーマからリーダへの転移(段階 2)、およびリーダの間欠的な沿面進展(段階 3)の 3 段階に分けられることを見出している。さらに段階 2 に着目し、ストリーマのリーダへの転移時間が、この期間での平均的な印加電圧波頭峻度  $dv/dt$  のみに逆比例することを見出し、このスケール則を説明する物理モデルを提案し、これがリーダの沿面進展段階に対しても適用でき、ストリーマの発生後から全路破壊に至るまでの現象を統一的に説明できることを示している。

第 4 章では、第 3 章と同じ実験装置を用いて、負極性沿面放電過程を光学的手法で観測し、正極性の場合と比較、検討している。ストリーマのリーダへの転移時間は、正極性では単に電圧波頭峻度  $dv/dt$  に逆比例するが、負極性ではガス圧  $p$  と峻度  $dv/dt$  の積に逆比例することを見出している。これらのスケール則を説明する物理モデルにより、ストリーマコロナの発生から全路破壊に至るまでの正・負極性効果が解明され、これらの放電過程を実験式として定式化することに成功している。

第 5 章では、沿面放電における部分放電特性を、トリプルジャンクション部を形成する電極表面上の微小突起による電界増幅作用、および空間電荷による電界緩和作用に着目して検討している。この結果電極の面粗度を表す係数  $\lambda$ ,

電極の実効面積  $S_{90\%}$ 、実効面積部の平均電界  $E_{av}$ 、及びガス圧力  $p$  の積  $\lambda S_{90\%} E_{av} p$  で、異なる絶縁物試料および正負極性について部分放電特性が統一的に記述できることを明らかにしている。

第6章では、第5章までの研究により明らかとなったトリプルジャンクションに起因する絶縁物沿面放電特性より、局所的電界集中の緩和による沿面放電の抑制法を考察し、具体的な設計手法を示しこの手法を実際のGISへ適用し効果を挙げている。

第7章では、GIS内部に混入する金属異物が、交流もしくは直流の運転電圧で浮上し、絶縁特性を劣化させる機構を明らかにしている。さらに浮上抑制策として接地金属容器内面に誘電体の被覆を施すことが有効であることを示し、誘電体被覆電極上での金属異物の浮上特性を明らかにしている。

第8章では、前章までに得られた研究成果を要約して述べ、本研究の総括としている。

## 論文審査の結果の要旨

ガス絶縁開閉装置 (Gas Insulated Switchgear: GIS) は、系統電圧の上昇に伴う変電所の電力機器の小型化、高信頼性確保の基盤技術として急速に開発、実用化されてきた。SF<sub>6</sub>ガスは、空気の約3倍の絶縁耐力を有するため、従来の気中開閉装置などと比べるとGISの適用により変電所の据え付け面積や容積を著しく縮小することが可能である。また構成機器が密閉構造で外気の影響を受けにくいと高信頼性が実現できるほか、保守作業の省力化が図れるなどの長所があり、今日では開閉装置の主流となっている。本論文は、GIS機器の絶縁設計と高性能化に必要な不可欠である複合絶縁技術の確立を目的とし、基礎的な現象の究明から実機への適用技術に至るまでの研究結果をまとめたものであり、その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) SF<sub>6</sub>ガス中で、固体絶縁物が金属と接触するトリプルジャンクション部から開始する沿面放電過程は、ストリーマコロナの発生 (段階1)、ストリーマのリーダへの転移 (段階2)、リーダの間欠的な沿面進展 (段階3) の3段階に分けられる。
- (2) 沿面放電が、雷インパルスの波頭で生じる場合、ストリーマからリーダへの転移時間は、正極性では単に電圧波頭峻度  $dv/dt$  に逆比例するが、負極性ではガス圧力  $p$  と峻度  $dv/dt$  の積に逆比例する。さらにリーダステップ進展長、リーダステップ時間及び進展速度等の正・負極性依存性、ガス圧力、電圧波頭峻度に関するスケール則が明らかにされ、その物理モデルが提案されている。
- (3) 実際の部分放電開始電圧  $V_c$  は、電極表面上の微小突起の影響による電界増幅作用と空間電荷による電界緩和作用とで決定される。ストリーマ開始電圧  $V_s$  と部分放電開始電圧  $V_c$  との比を電界係数  $C_{ef}(=V_s/V_c)$  とすると、電極の面粗度を表す係数  $\lambda$ 、電極の実効面積  $S_{90\%}$ 、実効面積部の平均電界  $E_{av}$ 、ガス圧力  $p$  に対する依存性などについて整理して正・負極性とも  $\lambda S_{90\%} E_{av} p$  で規格化して1本の曲線で表すことができ、部分放電特性が定量化されている。
- (4) トリプルジャンクション部を形成する金属電極の表面を誘電体薄膜で被覆する“誘電体被覆電極法”により、裸電極の場合に比べて正・負極性とも沿面放電電圧が上昇することを確認し、その機構を解明している。
- (5) 円板形や円錐形の絶縁スペーサのフランジ外部に電界緩和シールドを配置する“外部シールド電極法”によりトリプルジャンクション部の電界が緩和され、沿面放電の抑制に有効であることを確認し、その機構を解明するとともに、実機への適用に成功している。
- (6) GIS内に混入する金属異物の浮上の機構を解明し、タンク内面の誘電体被覆がその抑制法として有効であることを明らかにしている。

以上のように本論文は、高電圧電力機器として重要なガス絶縁開閉装置 (GIS) の性能向上に関する課題のなかでも、特に重要な、トリプルジャンクションに起因する沿面放電現象について多くの知見を得ている。さらにこの知見に基づいて実機の性能向上を実現しており、高電圧工学、プラズマ放電工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。