

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 鄧 軍波

本論文は「大気圧空気中における沿面リーダ放電の進展」と題し、電気機器の絶縁上問題となる沿面リーダ放電の進展特性について、印加電圧波高値、印加電圧波形、帯電電荷分布などに対する依存性を明らかにすると共に、その残留電荷密度分布を詳細に観察、検討することにより進展メカニズムに迫ったもので、7章より構成される。

第1章は「序論」であり、沿面放電の応用や電気絶縁との関連性および沿面放電研究の現状を概説しながら本研究の背景を説明している。さらに、沿面放電の進展機構を明らかにするためには、沿面放電進展長と発生電圧特性、沿面放電の電位・電界分布、ストリーマからリーダへの転換条件、絶縁物表面の残留電荷が後続の沿面放電進展に及ぼす影響を明確にすることが重要な研究課題であることを述べている。

第2章では「沿面放電実験装置及び電位分布測定システム」と題し、沿面放電を進展させるパイプ状試料の構造、材料について述べるとともに、沿面放電発生回路及び本研究で開発した試料表面の電位分布測定装置について詳細を説明している。1.2/50 $\mu$ s 標準雷インパルス電源回路の構築においては、試料の固有容量も考慮した過渡回路数値解析を通じて、必要な回路素子の選定を行っている。電位分布測定システムは、市販のフィードバック方式の表面電位計で対象物近傍を走査させるものであるが、パイプ状試料内部に低抵抗体を挿入し二層構造とすることにより、測定電圧範囲の拡大に成功している。

第3章では「電荷密度分布及び電界分布計算手法」と題し、電位分布測定結果より、電荷密度分布、電界分布を求める手法について述べている。各測定点における電位は、対象物表面の各電荷の影響の重ね合わせで表わされ、電位分布から電荷密度分布を求めるには逆問題を解くことになる。空間周波数場で Tikhonov の正則化技法を適用することにより、最大 40 万点以上に及ぶ測定データを少ない計算負荷で安定に逆計算処理することに成功している。さらに、空間周波数場における逆計算処理も含めた測定システムの伝達特性より、測定システムの空間分解能を定量的に明らかにしている。

第4章では「交流電圧印加時の沿面放電進展特性」と題し、50Hz 交流電圧印加下における PMMA パイプ試料上の沿面放電進展様相を高速度カメラにより測定し、負極性沿面放電が正極性沿面放電に比べて発生しやすいことを明らかにしている。また、交流電圧印加時における沿面放電の最終進展長は試料の固有容量の影響を大きく受けることを確認している。

第5章では「インパルス電圧印加時の沿面放電進展特性」と題し、印加電圧および対向電極までの距離を変化させた場合の、進展長を測定するとともに、沿面放電の残留電荷密度、電位分布構造を詳細に観察している。正極性、負極性ともに沿面放電は導電性のよいリーダ領域とその前方のストリーマ領域から成るが、その詳細

な構造、進展特性には極性差が見られたと報告している。いずれもリーダ領域の中心部に導電性の高いリーダチャンネルがみられ、その電位勾配は  $0.12\text{kV/mm}$  ～  $0.15\text{kV/mm}$ 、ストリーマ領域においては正極性印加時には場所によらず電位勾配は約  $0.7\text{kV/mm}$  の一定値を、負極性印加時には先端近傍で約  $2.5\text{kV/mm}$  の極大値をとる分布であることを明らかにしている。さらに正極性沿面放電においては、リーダチャンネル近傍の電界分布は  $1\text{kV}\sim 3\text{kV/mm}$  と、電荷の注入により比較的高い電界をとるとしている。このように、印加電圧極性毎に沿面放電の電荷・電位構造をモデル化することで、その進展特性の極性による相違を検証している。

第6章では沿面放電の残留電荷が後続の沿面放電進展に及ぼす影響を、その進展様相、進展速度、進展長、試料表面における電位分布の測定を通じて論じた結果を述べている。まず印加電圧と同極性の残留電荷により放電進展が阻害されること、逆に逆極性の残留電荷により放電進展が促進されることを確認している。

50Hz 交流電圧印加時には、比較的低い瞬時電圧において初期電子が電極近傍に供給され、沿面放電が発生することで残留電荷を除電し、結果的に進展長は抑制される。さらにインパルス電圧を極性反転させながら連続的に印加した場合、放電進展様相の極性差が小さくなり、かつ沿面放電進展長は観測した範囲内では収束せずに伸び続け、25回印加時には初回印加時の2倍以上の進展長となることを明らかにしている。電位分布測定を通じて、この原因を実験的に検証した結果、リーダ領域の導電性が印加回数に応じて高くなっていることが判明した。

第7章は「結論」であり、本論文の成果についてのまとめを行っている。

以上これを要するに、本論文は、電気絶縁設計の観点からその進展特性の解明が待望されている沿面放電を対象とし、特に空気と固体誘電体の界面に発生する沿面リーダの進展特性について詳細な測定を行った結果、リーダ進展長及びその電位分布・電荷密度分布構造の印加電圧依存性を定量的にかつ体系的に明らかにした点が、電気工学、特に高電圧、放電工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。