

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11069 号
------	---------------

氏名 中野 裕介

### 論文題目

真空中におけるインパルス沿面放電進展過程に関する研究

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	早川 直樹
委員	名古屋大学	教授	鈴置 保雄
委員	名古屋大学	准教授	小島 寛樹
委員	愛知工業大学	教授	大久保 仁
委員	埼玉大学	准教授	山納 康

## 論文審査の結果の要旨

中野裕介君提出の論文「真空中におけるインパルス沿面放電進展過程に関する研究」は、インパルス電圧印加時の真空中沿面放電の開始および進展過程における電荷挙動を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、84 kV 以下の中電圧クラスで主流となっている真空遮断器の高電圧化に関する研究開発動向とともに、真空中の沿面帶電・放電メカニズムに則った放電抑制手法の提案の必要性を述べている。

第2章では、電界垂直型電極を構築し、インパルス電圧印加時の沿面放電における放電進展過程における電荷挙動を明らかにした。ここで、光学測定系の測定感度の向上により、沿面フラッショーバの前駆現象の存在を明らかにした。沿面フラッショーバ前駆現象において、負極性インパルス電圧の印加時、陰極からの電子放出によって生じ、絶縁物上に電子衝突に伴う発光を観測できた。前駆放電では、印加電圧の増加とともに、陰極上における電子放出箇所および放出電荷量が増加する。また、絶縁物上の発光輝点は、陰極上の電子放出箇所に対し電気力線に沿って一意に決まることを明らかにしている。

第3章では、インパルス沿面放電進展過程において、前駆放電がフラッショーバ進展へと転移するメカニズムについて検討を行った。前駆放電からフラッショーバ進展への転移メカニズムとして、陰極からの電子放出機構が突発的電子放出（EEE）機構への転移がメカニズムとして挙げられる。EEE の放出電流密度は陰極表面電界および陰極材料の仕事関数に依存することを明らかにした。この時 EEE によって、絶縁物上には過渡的に帶電が形成される。陰極—アルミナ絶縁物間のギャップ長が短い場合、絶縁物上の過渡帶電による電界緩和効果が現れやすく、フラッショーバの起点となる陰極からの放出電流が抑制されると考えられる。

第4章では、フラッショーバ進展過程において、EEE によって形成される過渡帶電について検討を行い、真空中インパルス沿面フラッショーバ進展のモデルを構築した。絶縁物上の過渡帶電分布は、陰極上のEEE 発生点に依存する。絶縁物上過渡帶電の効果は、陰極近傍における電界緩和効果と絶縁物上における電界変歪効果に大別できる。陰極からの EEE 電流は、自身の電子放出によって形成する絶縁物上過渡帶電の陰極近傍における電界緩和効果により抑制される。フラッショーバは過渡帶電の絶縁物上電界変歪効果によって、電界を垂直から平行方向へと変化し、2次電子の飛程が伸びることで進展が可能となる。

第5章では、提案した電界垂直型電極における真空中インパルス沿面放電進展メカニズムに基づき、フラッショーバ進展過程における陰極からの突発的電子放出電流の抑制および絶縁物上2次電子なだれ進展の抑制を図った。絶縁物上過渡帶電の電界緩和効果により、陰極からの放出電流を抑制することが可能である。電界緩和効果を決定づける要因に電極を構成する固体絶縁物の静電容量があり、静電容量が小さいほど電界緩和効果による EEE 電流抑制率が高い。また、陰極先端曲率半径を変更した時、初期の電界分布が不平等であるほど、少ない過渡帶電電荷量で電界緩和効果が発現し、EEE 電流が抑制される。2次電子なだれ進展は、陰極側に背後電極を設けることで抑制される。陰極背後電極により高い垂直電界が得られ、沿面フラッショーバ進展の抑制を実現した。

第6章では、フラッショーバに至った場合、および抑制された場合における過渡帶電を考慮した電界解析により、2次電子なだれ進展時の実効的な2次電子放出係数の時間推移を導出した。背後電極を設けた電極構成において2次電子なだれが進展しフラッショーバに至る条件は、絶縁物上過渡帶電領域の端部における過渡帶電による2次電子放出係数の増加であることを明らかにした。また、帶電分布の勾配の大きい部分において2次電子放出係数が大きく、2次電子なだれが進展しやすい。さらに、帶電が存在する箇所では、帶電量の増加が抑制されることから、実効的2次電子放出係数の増加の可能性を示唆した。

第7章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、真空中沿面放電メカニズムの学術的解明と放電抑制手法の理論的提案、およびその実験的検証を行っている。これらの研究成果は、真空遮断器の高電圧化や小型化に向けた絶縁設計に資する有効な指針を与えるとともに、粒子加速器や宇宙機器などの真空環境下で用いる各種電力機器の高性能化、高信頼度化に寄与するものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、

## 論文審査の結果の要旨

本論文の提出者である中野裕介君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。