

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 武田 敏 信

現在、絶縁ガスとして使用されている SF₆ ガスは地球温暖化に与える影響が大きく、地球温暖化係数は CO₂ の約 23900 倍となっている。そこで SF₆ に代わる、ないしは SF₆ ガスを削減できる絶縁方式の検討が期待されている。本論文は、SF₆ 代替ガスとして、温暖化係数が CO₂ 並みに小さいが絶縁性能が SF₆ ガスに匹敵する CF₃I ガス について、種々の電界条件での絶縁特性を明らかにし、また、放電副生物の絶縁特性への影響を明らかにすることにより、機器への適用可能性について検討を行ったもので、「CF₃I ガス絶縁特性の基礎研究」と題し、全 10 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、研究背景、過去の研究、研究目的について述べている。SF₆ ガスは今現在多くのガス絶縁機器で用いられているが、温暖化ガスである SF₆ ガスに対する規制は進められており、フロンガスのように完全撤廃も視野に含んでいる。その状況で近年開発された CF₃I ガスを SF₆ 代替ガスとして用いることが考えられている。本研究では ns オーダの短時間領域の測定を行うために立ち上がり時間 16ns の急峻方形波を用いており、急峻方形波を用いた過去の研究を紹介している。本論文の目的は SF₆ 代替ガスである CF₃I ガスのガス絶縁機器への適応可能性について検討することである。

第 2 章「実験装置」では、測定に用いた実験装置の構成を紹介している。急峻方形波発生装置である「SPURT」、各種形状の電極、交流電圧印加実験用タンク、放電進展現象観測用の高速度カメラ、副生成ガス測定用の GC/MSD などを用いて、様々な観点から CF₃I ガスの絶縁特性の測定を行ったことについて述べている。

第 3 章「V-t 特性」では、主な測定対象である V-t 特性の定義と、V-t 特性を用いた絶縁性能評価について述べている。

第 4 章「供試ガスの特性」では、測定対象である CF₃I ガスと比較対象である SF₆ ガスの化学的特性について述べ、CF₃I ガスの飽和蒸気圧が低く他のガスと混合する必要があるといった課題を明らかにしている。

第 5 章「CF₃I 純ガスの放電特性」では、CF₃I ガス単体での放電特性を述べている。準平等電界においては、CF₃I ガス中の正極性急峻方形波印加時の最低スパークオーバ電圧は 112kV と高い値を示し、また、ほとんどの時間領域で負極性 V-t 特性は正極性 V-t 特性より高いスパークオーバ電圧を示すことを明らかにしている。50Hz 交流電圧印加時のスパークオーバ電圧は正極性 V-t 特性の最低スパークオーバ電圧より 5%低い電圧値となるとを述べている。準平等電界においては CF₃I ガスは SF₆ ガスより高い絶縁性能をもっているのに対し、電界不平等性が強い針-平板電極ではその関係は逆転し CF₃I ガスは SF₆ ガスより低い絶縁性能になることを明らかにしている。沿面放電においても CF₃I ガスは SF₆ ガスと同等以上の高い絶縁性能を持っているが、背後電極がない場合では放電によって発生する副生成物である固体ヨウ素が誘電体スペーサ表面に付着し絶縁性能低下の原因となっていることを論じている。

第6章「CF₃I 混合ガスの放電特性」では、CF₃I ガスを N₂ や CO₂ など他のガスと混合した場合での放電特性を述べている。準平等電界ギャップにおける CF₃I / N₂ 混合ガス、CF₃I / CO₂ 混合ガスの放電特性ではシナジズムは見られないが、不平等電界ギャップにおける CF₃I / N₂ 混合ガス、SF₆/N₂ 混合ガスでは強いシナジズム特性を示し、同様に、沿面放電における CF₃I / CO₂ 混合ガスでもシナジズム特性を示していることを明らかにしている。CF₃I 混合率が 20~40%で CF₃I / CO₂ 混合ガスを用いることによって、背後電極なしの場合では高い絶縁性能を保ち、背後電極ありの場合では低い絶縁性能を補うと共に、CF₃I の液化を防ぐことに有効であることを述べている。

第7章「面積則による V-t 特性の定量的評」では、印加電圧 V を放電遅れ時間 t で積分した面積パラメータ F を用いて行った V-t 特性の定量的評価について述べている。CF₃I ガス、SF₆ ガス、CF₃I / CO₂ 混合ガスの面積パラメータ F は電圧によって 2 種類のパターンがあり、電圧が低い場合は電圧の 2 次関数的に変化し、電圧が高い場合は電圧の 1 次関数的に変化することについて論じている。

第8章「放電による副生成物」では放電による CF₃I の化学反応によって生じる副生成ガスと副生成物について述べている。放電による副生成ガスとして、C₂F₆、C₂F₄、CHF₃、C₃F₈、C₃F₆、C₂F₅I の 6 種類が検出され、また、固体ヨウ素が副生成物として生成され、電極やスペーサ表面に付着していることを明らかにしている。沿面放電においては、スペーサ表面が清浄な場合、CF₃I ガスは SF₆ ガスと同等の絶縁性能を持つが、1 回でも沿面放電が起きてしまうとスペーサ表面に固体ヨウ素が付着し沿面フラッシュオーバ電圧が半減することについて論じている。

第9章「結論」では、以上の成果をまとめ、内容を総括している。

第10章「今後の方向性」では、本研究で測定された基礎データから一歩進み、実用化を視野に入れた高ガス圧下放電特性測定の必要性について述べている。

以上これを要するに、本論文は、環境に優しく SF₆ 代替の電気絶縁気体として期待されている CF₃I ガスについて、単体および他の気体との混合における絶縁特性を広範な実験条件で明らかにし、また、放電副生成物の絶縁特性への影響を検討し、電気機器への適用に向けての示唆を与えている点で、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。