

遺伝的アルゴリズムを用いた 2 項近似ボルツマン解析用の衝突断面積の修正 と最適絶縁性能を有した混合ガスの探索

木下 和也

(九州工業大学 工学部 電気工学科)

研究目的

本研究の目的は、ガス絶縁媒体として SF₆ ガスに優るとも劣らない混合ガスを探索することである。混合ガスは数%以下の微量の異種ガスを混ぜるだけでも、絶縁性能が大きく変わることが知られている。3 種以上のガスを混合して数%以下の精度で最適混合比を見つけようとする場合、実験や計算機シミュレーションなどで全組み合わせを試すのは不可能である。そこで、本研究は広大な探索空間での最適解を探すことに優れている探索方法である遺伝的アルゴリズム (GA) を用いることにした。

また、電子スオームパラメータを求めるためにボルツマン方程式を使う。この式は 6 次元位相空間で表わされており複雑であるために完全に解くには、かなりの時間が必要となる。このため最も簡単な近似であるボルツマン方程式のルジャンドル多項式展開による 2 項近似解析を用いることとした。近似解のため、文献データの衝突断面積を 2 項近似ボルツマン解析に代入しても実験値と計算結果に違いがでてくる。そこで混合ガスの探索を始める前に文献データの衝突断面積を 2 項近似ボルツマン解析に合った衝突断面積に修正する必要がある。この修正にも GA を用いることにした。

研究方針

対象ガスとしては、Ar/C₂F₆/C₃F₈/CF₄/CO/CO₂/H₂/H₂O/He/N₂/Ne/O₂/SF₆/Xe の計 14 種類がある。衝突断面積の修正における GA は、断面積セットの補正係数を遺伝子にもち、補正された断面積セットから計算される実効電離係数と文献データとの誤差が小さいほど優秀な個体であると評価させて、交叉や突然変異により遺伝子を組み換えることで 2 項近似ボルツマン解析用の衝突断面積の修正を行っていった。次に最適絶縁性能を有した混合ガスの探索では、先に述べた 14 種単体ガスの組み合わせを任意に決定した後 GA の計算を行った。混合ガスの探索においては、ガスの混合比を遺伝子にもち、365[Td] における実効電離係数が小さい値ほど優秀な個体であるとした。365[Td] という値は、一般的に SF₆ ガスの臨界電界値であると言われているために用いた。

研究成果

GA を用いて 2 項近似ボルツマン解析用の衝突断面積の修正と最適絶縁性能を有した混合ガスの探索法を構築した。衝突断面積の修正においては、実効電離係数だけ进行评估するのではなく、他のスオームパラメータも一緒に評価し、より実験データに近い衝突断面積に修正する必要がある。混合ガスの探索においては、87.8%SF₆/12.2%C₂F₆ の 2 種ガスは SF₆ ガス単体の絶縁性能を上回ったが、地球温暖化係数が高いために実用化が難しい結果となった。また、この探索を続けていく上で 365[Td] での実効電離係数进行评估していくと、どうしても地球温暖化係数の高い混合ガスとなってしまうことがわかった。今後の課題としては、地球温暖化係数と臨界電界値を組み合わせで評価を行っていく必要がある。