

大気圧 N_2/SF_6 混合ガス中での電子のドリフト速度と実効電離係数の計測

堤 良太* 呑山 諒次* 松本 宇生* 生澤 泰二* 西嶋 喜代人*
(*福岡大学)

1 はじめに

SF_6 ガスはその優れた絶縁性能により、ガス絶縁開閉装置 (GIS) などの電力機器に用いられている。しかし、地球温暖化係数が CO_2 の 22800 倍と環境に与える影響が大きいことから代替ガスの研究が行われている。本報告では、大気圧 N_2 ガスに微量の SF_6 ガスを加えた N_2/SF_6 混合ガスの準平等電界中にパルス YAG レーザを照射し、弱电離プラズマを発生させた。その電子の挙動から、電子の平均ドリフト速度、実効電離係数を計測した。さらに、 N_2/CF_3I 混合ガス中における実効電離係数^[1]との比較を行った。

2 実験装置と方法

図 1 は使用した実験装置の概略図を示す。上部電極に直径 13 cm (平面部 10 cm) のロゴウスキ電極を下部電極に直径 40 cm の銅製平板電極を垂直に配置し、準平等電界ギャップを模擬した。ギャップ長は $d = 2.5$ cm 一定として、その上部電極に正極性直流電圧 V_a (平均電界 $E = V_a/d$) を印加した。直径 $\phi = 50$ cm、高さ 70 cm のステンレス製密閉容器内を約 2×10^{-6} Torr 以下までターボ分子ポンプ、ドライポンプで真空排気した。その後、容器内に供試気体 N_2/SF_6 (0~0.1%) 混合ガスは、20°C 換算で $P = 760$ Torr で封入した。使用したパルス YAG レーザは、3 倍波 (波長: 355 nm, 光子エネルギー: 3.5 eV, 出力: 約 16 mJ) でパルス幅が 3~5 ns である。このレーザー光は、放電ギャップの中心軸上に焦点を持つように石英凸レンズ (焦点距離: 600 mm) で集光した。電子電流波形は下部電極に直列に挿入した 50 Ω の検出抵抗を用いてオシロスコープ (Lecroy, 2.5 GHz) で観測した。電子の平均ドリフト速度と実効電離係数の計測は換算電界 E/P [$V/cm \cdot Torr$] を変えて行った。なお、電子の平均ドリフト速度 V_{de} は電子スウォームのレーザー照射位置から上部電極到達までの走行時間 t_{de} とその走行距離 Z から導出される。実効電離係数 $(\alpha - \eta)/P$ (α : 電離係数, η : 付着係数) は各 E/P で実測した電子電流波形の時間に対する電流勾配を近似式 $I(t) = I_0 e^{((\alpha - \eta)/P) P V_{de} t}$ と仮定して導出した。

3 実験結果

図 2 は N_2/SF_6 (0~0.1%) 混合ガス中における換算電界 E/P に対する電子の平均ドリフト速度を示す。微量の SF_6 ガスを混合した場合、電子の平均ドリフト速度はほとんど変化しなかった。図 3 は N_2/SF_6 (0~0.1%) 混合ガス中の電子電流波形の時間に対する電流勾配を近似して求めた実効電離係数を示す。実験結果から、電子の強い付着効果が確認され、 $(\alpha - \eta)$ を与える換算電界 E/P_{limit} が著しく増加した。さらに、高 E/P 領域では SF_6 混合率の増加で E/P に対する $(\alpha - \eta)/P$ の増加率が上昇することも確認された。

図 2, 図 3 には比較のために N_2/CF_3I (0~0.1%) の混合ガスの値も示している。 N_2 に微量の CF_3I , SF_6 を混合した場合、今回計測した範囲内では N_2/SF_6 混合ガスの方が N_2/CF_3I 混合ガスより実効電離係数は強い付着効果を示した。

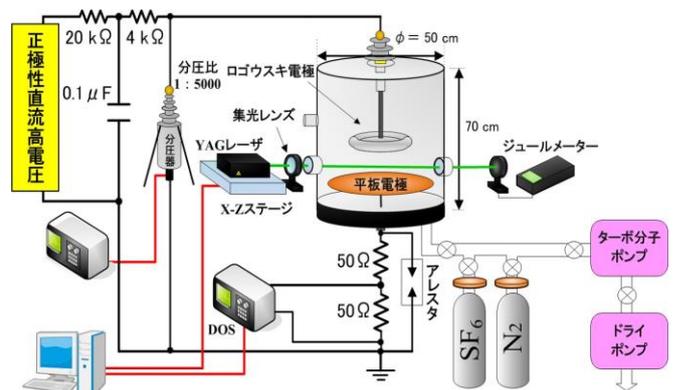


図 1. 実験装置図

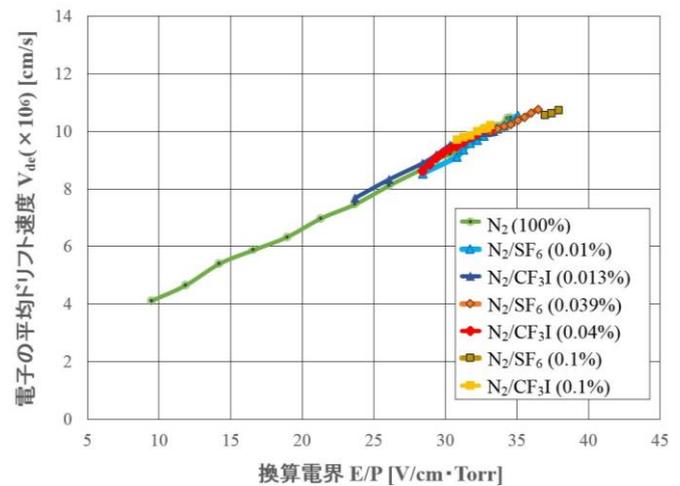


図 2. 電子の平均ドリフト速度 V_{de} と換算電界 E/P との関係

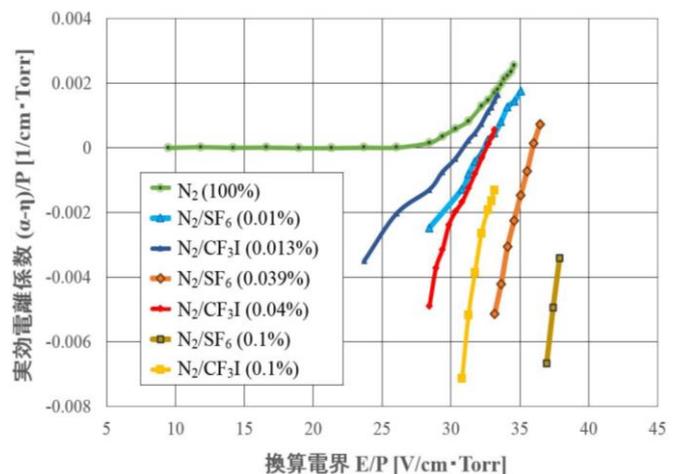


図 3. 実効電離係数 $(\alpha - \eta)/P$ と換算電界 E/P との関係

参考文献

- [1] 堤良太, 大森智裕, 松本宇生, 生澤泰二, 西嶋喜代人: “微量の CF_3I ガスを混合した大気圧 N_2/CF_3I ガス中での電子挙動”, 平成 28 年電気学会全国大会, 2016 年 3 月