# 極短ギャップ純酸素放電における酸素原子とオゾンの同時密度計測

Simultaneous measurement of atomic oxygen and ozone densities under pure oxygen

## short-gapped discharge

首都大院 システムデザイン <sup>0</sup>中川 雄介, 川北 拓弥, 内田 諭, 杤久保 文嘉

Tokyo Metropolitan Univ. Yusuke Nakagawa, Takuya Kawakita, Satoshi Uchida, Fumiyoshi Tochikubo

E-mail: yu-nkgw@tmu.ac.jp

### 1. はじめに

大気圧プラズマを用いた酸化処理は、環境浄 化や表面改質等、様々な分野での応用が期待され ている。大気圧プラズマによる酸化処理では、基 底酸素原子  $O(^3P)$ とオゾン  $O_3$ が重要な役割を担 う[1,2]が、これらの生成に有利な純酸素放電にお ける  $O(^3P)$ の挙動は、未解明である。これは、O( $^3P$ )密度の分光測定において、 $O_3$ の光解離によ る  $O(^3P)$ 生成(オゾン干渉)が擾乱となり、正 確な測定が困難なためである。本研究では、二光 子励起レーザ誘起蛍光法(TALIF)[3]における  $O(^3P)$ と  $O_3$ の信号のレーザ光強度依存性に着目し、  $O(^3P)$ 密度と  $O_3$ 密度の同時計測を行った。

## 2. 実験方法

O(<sup>3</sup>P)とO<sub>3</sub>の共存下では、TALIF信号 ITALIFは

 $I_{TALIF} = \eta_0 N_0 I^2 + \eta_Z N_Z I^3$  (1) と表せる。  $\eta$ は比例係数、N は各粒子密度、I は レーザ光強度であり、添字の O, Z はそれぞれ O (<sup>3</sup>P)及び O<sub>3</sub>を表す。(1)より  $I_{TALIF}/I^2$  は I に対し て線形になり、近似直線の切片が O (<sup>3</sup>P)密度に、 傾きが O<sub>3</sub>密度に比例する(図 1)。このことから、 レーザ強度を変えて TALIF を行うことにより、O (<sup>3</sup>P)及び O<sub>3</sub>の密度を推定できる。

実験では、チャンバ内に配置したギャップ長 0.5 mm の球対球電極にパルス高電圧を印可して プラズマを生成した。高電圧電極は  $\varphi$ 20 mm の SUS 球、接地電極は導電塗料を内面に塗布したホ ウケイ酸ガラス半球であり、チャンバには純度 99.6%以上の  $O_2$ を 2 L/min で流通した。波長 226 nm のレーザ光を放電ギャップ中央部に照射し、 845 nm の蛍光を光電子増倍管で観測した。

#### 3. 結果と考察

レーザ光強度を変化させて $I_{TALIF}/I^2$ を測定した結果を図2に示す。放電後の経過時間  $\tau$ が進むにつれて、近似直線の切片が小さくなり傾きが大



図 1. O (<sup>3</sup>P),O<sub>3</sub>密度同時推定手法の概略

きくなっている。これは O (<sup>3</sup>P)の減少及び O<sub>3</sub>の 増加を表しており、定性的に妥当な結果と言える。

 $\eta_Z$ を既知密度の O<sub>3</sub> ガスにより校正し、O<sub>3</sub>絶 対密度を推定した結果を図 3 に示す。放電後 30 µs 程度で O (<sup>3</sup>P)が減衰し、O<sub>3</sub>は 20 µs 程度で飽 和することが分かる。また、O (<sup>3</sup>P)減衰及び O<sub>3</sub> 生成の反応解析を行った結果、放電場温度は約 380 Kと推定できた。この温度における O (<sup>3</sup>P)→ O<sub>3</sub>変換効率は約 40%と計算されたため、O (<sup>3</sup>P)絶 対密度も図 3 のように推定できた。一方、放電直 後の O (<sup>3</sup>P)絶対密度は、Xe を用いた密度校正に よりおよそ 8.4 ×10<sup>16</sup>/cm<sup>3</sup> と推定された。Xe 校 正結果と上記の O (<sup>3</sup>P)密度推定結果が合致した ことから、本手法は既知密度 O<sub>3</sub> ガスを用いた O (<sup>3</sup>P)密度校正に適用可能と考えられる。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H06987 の助成を受けた ものです。







図3. 酸素原子相対密度の時間変化測定結果

# <u>参考文献</u>

Uddi M, et al., *Proc. Combust. Inst.*, **32**, 929 (2009)
B. Eliasson, et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **20**, 1421 (1987)
W. K. Bischel, et al., *Chem. Phys. Lett.*, **82**, 85 (1981)