

高速液流気液界面プラズマにおける液相活性種局在領域の解析的評価

Analytical Evaluation of Localized Domain of Liquid Phase Reactive Species in High-speed Liquid Flow Passing through Atmospheric Pressure Plasma

東北大院工 °高島 圭介, 佐々木 渉太, 金子 俊郎

Grad. Sch. of Eng., Tohoku Univ., °Keisuke Takashima, Shota Sasaki, Toshiro Kaneko

E-mail: takashima@ecei.tohoku.ac.jp

低温大気圧プラズマの医療・農業応用研究の更なる発展には, 気液界面を有するプラズマによる液相への活性種輸送の理解が必要である. 気液界面プラズマにより生じる液相活性種は, 実験的には活性種の「生成量」が議論され, 反応性の高い水酸基ラジカル(OH)等の短寿命活性種では, 主に化学プローブを用いた生成量の評価が成されてきた. しかし, プラズマ気液界面付近での活性種「濃度分布」が活性種の生成量に与える影響は無視できない一方で, 実験的に濃度分布に関連する情報は得られてこなかった. この「生成量」と「濃度分布」には明らかに因果関係があるが, 液相活性種分布の議論がなされることは少ない. そこで著者らはこれまでに, 活性種の生成過程の予測性向上に貢献することを目的として, 活性種分布が拡散と移流に支配される高速液流気液界面プラズマ (Fig.1) を用い, 気液界面プラズマにおける活性種の液面近傍への局在を実験的に評価する方法論の構築を目指した.

柱状の高速液流 ($U \sim 10$ m/s) をプラズマ中に射出 (Fig. 1) することで, 時間 t と円柱軸 (z 方向) は, $\xi = z + Ut$ に変換でき, さらに, 柱状液流の直径に対しプラズマ生成領域が十分長いため, z 方向拡散を無視することは妥当である. この時, 任意の液相活性種 i の連続の式は, 濃度を n_i , 化学反応による生成と消滅を v_i^{reac} とすることで, 以下のように ξ に対し放物化できる.

$$U \frac{\partial n_i}{\partial \xi} - D_i \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial n_i}{\partial r} \right) = v_i^{reac}$$

上式の液柱断面内積分より, プラズマ気液界面に高濃度で局在することが考えられる OH に関して, 流入フラックス Γ_{OH} と円柱断面内の正味の反応損失が釣り合う, テレフタル酸(TA)が液流に含まれる場合, HTA 等の OH 反応生成物の生成量が TA 濃度に対し飽和曲線を描く (Fig. 2),

実験的に得られた HTA 生成量から, OH の局在領域 δ_{reac} を示す厚さに関連するいくつかのパラメータが得られる, といった定理が得られることが明らかとなった. 詳細は発表にて議論する.

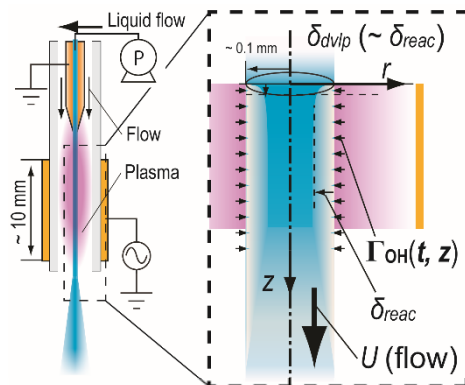


Fig. 1. Gas-liquid interfacial plasma with high speed liquid flow .

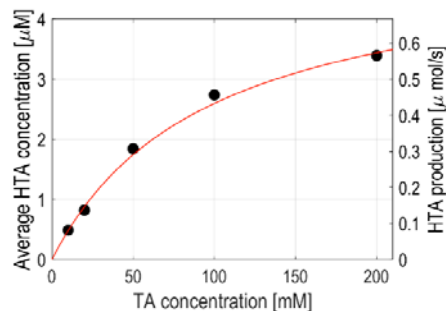


Fig. 2. Saturation of HTA generation with TA concentration.