

プラズマ誘起液中化学反応における溶液中活性種の診断

Physicochemical mechanism of pH dependence of plasma-treated water (PTW) activities based on chemical kinetics

○北野勝久¹、井川聡²、中島陽一²、谷篤史³

(阪大工¹、大阪府立産業技術総合研究所²、阪大理³)

○Katsuhisa Kitano¹, Satoshi Ikawa², Yoichi Nakashima², Atsushi Tani³

(Eng. Osaka Univ.¹, TRI Osaka², Sci. Osaka Univ.³)

E-mail: mail@plasmabio.com

大気圧低温プラズマにより誘起された液中化学反応場は、従来なし得なかった無機・有機反応、さらにその延長線にある医療応用などへの展開が期待されている。それらを実現しているのはプラズマによって誘起された多種多様な化学種である。このような反応場を理解するためには適切な活性種診断が必要となり、数多くのアプローチによる研究が進められている。

プラズマに起因する活性種の多くは短寿命である。一般的な分析化学的手法では活性種の寿命よりも長い測定時間を必要とするため、いったん別の長寿命な化学種へ変換して間接的に元の活性種を測定している。このうち、活性種により化学変化した試薬の吸光度・蛍光強度を測定する発色・蛍光プローブ法は、活性種の選択性を欠くものの測定は比較的容易である。不対電子を持つラジカルの診断では電子スピン共鳴法が広く用いられており[1]、ラジカル種を捕獲したスピンアダクトを測定するスピントラップ法、特定の活性酸素が酸化することで生成されるラジカル種を測定するスピン酸化法、高 pH 条件下で $O_2^- \cdot$ の寿命が伸張する事を利用してトラップし凍結後に測定するアルカリトラップ法などが反応場中の活性種測定に応用されている。また、安定な化学種はより一般的な測定方法で診断が可能であり、イオンクロマトグラフィーは高感度にイオンを分析でき、KI 法ではオゾンの様な酸化性の活性種の総量測定に向いている。

プラズマ中もしくは雰囲気ガスとの界面で生成した電子や活性酸素種などの気相中の活性種は気液界面より液相に供給されるが、長寿命な活性種であっても、反応する空間領域が気液界面のごく表層 (例えば $1 \mu m$ 以内) の場合が多く、上記のような間接的な手法で得られた測定結果は溶液全体に供給される活性種を評価しているわけでは無い点に注意が必要である。

これまで各種の活性種診断方法が用いられてきたが、測定対象の活性種が着目している現象の因子であるかどうかは、ネガティブ・ポジティブコントロール実験を十分に行い、化学反応速度論に基づいて判断する必要がある。また、複数の活性種が同時に供給されるため、妨害物質になる場合や、いったんトラップした活性種が別のアダクトに変化する場合もあり、溶液中化学反応の時間・空間分布を十分に考慮する必要がある。プラズマが照射される溶液の諸条件も重要であり、pH、温度が化学反応を左右するだけでなく、溶存ガスが液中活性種生成に寄与する場合もある。プラズマ誘起による液中化学反応場は複雑である事が多く、物理化学や分析化学の専門家と連携することで、このような興味深い現象の理解が進むと考える[2]。

[1] 谷篤史、北野勝久、溝谷浩平、浜口智志、応用物理学会春季講演会、(2008)。

[2] A. Tani, S. Fukui, S. Ikawa, K. Kitano, J. Phys. D: Appl. Phys. 48, 424010 (9pp) (2015).