

# プラズマ処理水と低pH法を用いた先進的プラズマ殺菌消毒法

## Innovative disinfection combined with the plasma treated water and the reduced pH method

北野勝久<sup>1</sup>、井川聡<sup>2</sup>、谷篤史<sup>3</sup>、福井智<sup>3</sup>、大島朋子<sup>4</sup>、山崎弘光<sup>4</sup>、  
金子和弘<sup>5</sup>、伊藤雅昭<sup>5</sup>、桑田健<sup>5</sup>、柳下淳<sup>5</sup>

Katsuhisa Kitano<sup>1</sup>, Satoshi Ikawa<sup>2</sup>, Atsushi Tani<sup>3</sup>, Satoshi Fukui<sup>3</sup>, Tomoko Ohshima<sup>4</sup>,  
Hiromitsu Yamazaki<sup>4</sup>, Kazuhiro Kaneko<sup>5</sup>, Masaaki Ito<sup>5</sup>, Takeshi Kuwata<sup>5</sup>, Atsushi Yagishita<sup>5</sup>

<sup>1</sup>大阪大学工、<sup>2</sup>大阪産技研、<sup>3</sup>大阪大学理、<sup>4</sup>鶴見大歯、<sup>5</sup>国立がん研究センター東病院  
1Eng., Osaka Univ., 2TRI Osaka, 3Sci., Osaka Univ., 4Dent., Tsurumi Univ., 5NCCE

大気圧プラズマを人体組織へ直接的に照射して医療行為を行うPlasma Medicineと呼ばれる研究分野は世界的に高い注目を集めており、止血、創傷治癒、消毒、癒着防止、脱色、がん治療、細胞増殖などの研究が進められている。その中でもプラズマ消毒は、生成した活性種により人体に付着した有害な細菌を不活化するものである。一般的には、患部に対して直接的にプラズマを照射する手法を用いた研究が多いが、人体は濡れ環境であるために液体に対する殺菌が重要であると考え、これまで電子スピン共鳴法を用いた液中に生成された活性種の診断などにより、液体の殺菌機構の解明を進めてきた。液中の殺菌において、pHが4.7以下になると劇的に効果が高まる「低pH法」を開発し、歯科や外科への応用を進めている[1, 2]。人体の体液はpHを中性の保つバッファ能力を有しているために、pHを恣意的に下げなければ十分な殺菌力が得られずプラズマ消毒が行えない。

活性酸素種の一つであるスーパーオキシドアニオンラジカル ( $O_2^{\cdot-}$ ) がプラズマによって生成され、気相から液相に供給されるが、低pH法では液中での  $O_2^{\cdot-}$  の酸解離平衡 ( $pK_a = 4.8$ ) が寄与しており、電氣的に中性な  $HOO^{\cdot}$  に変化

することで細胞浸透性が高まり強い殺菌力が得られる。液体中にこのような活性種を供給する方法として、プラズマ源と菌液が400cm程度離れたラジカルジェットを用いても、液体と接触しているのと同等の殺菌力を得ることに成功している[3]。プラズマ中の自由電子は極めて反応性が高いため、プラズマの直接照射では予期しない副作用を生み出す恐れがあるが、殺菌に必要な活性種のみを供給できるラジカルジェットによる間接照射は医療装置として実用化する上で安全性を担保しやすい。

さらに、プラズマを照射した水（プラズマ処理水）に殺菌活性が残存することが判明した。図1に、プラズマ処理水を生成してから（プラズマ照射を終了してから）の放置時間に対する殺菌力（菌数減少のlogプロット）を示すが、殺菌活性の半減時間が2.3分であることがわかった。また水の温度を下げることで半減時間を劇的に延ばすことにも成功した[4]。

プラズマ処理水の殺菌力はpHが低い場合にのみ得られるため、本質的に低pH法と同じ物理化学機構であると考えられる。消毒に好適な半減時間をもつプラズマ処理水による殺菌は、間接照射よりもさらに安全な消毒方法として期待しており、現在、歯科や外科への応用を目指して、動物実験による *in vivo* での殺菌力の評価を進めているところである。

[1] S. Ikawa et al., Plasma Process. Polym., 7, 33 (2010). 特許第4408957号。

[2] H. Yamazaki, T. Ohshima, et al., Dental Mat. Journal, 30, 384 (2011).

[3] K. Kitano, S. Ikawa, A. Tani et al., Proc. of ISPC20, Philadelphia, 270, July, (2011).

[4] 北野勝久、井川聡、特願2012-103800。

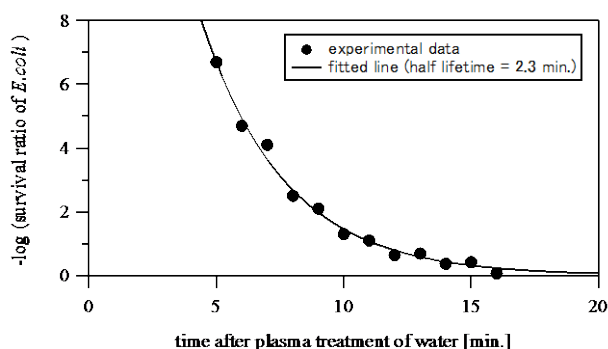


図1 プラズマ処理水の殺菌力の時間変化。