

プラズマを用いた殺菌・医療技術の開発

北野勝久^{1, 4}、井川聡²、中島陽一²、谷篤史³、大島朋子^{4, 1}

1 大阪大学工学研究科、2 大阪府立産業技術総合研究所

3 大阪大学理学研究科、4 鶴見大学歯学部

mail@plasmabio.com

プラズマ応用の業界では、プラズマ医療(Plasma Medicine)という分野が盛んになってきており、新学術領域も立ち上がっている。プラズマとは物質の第4の状態であり、様々な化学反応性を有していることから、各種プロセスに用いられてきた。一般的なプラズマプロセスでは真空容器内に発生させた低圧力下のプラズマを利用するのだが、図1のような大気圧プラズマは真空中に引く必要が無いために人体組織へ照射することも可能である。このようなプラズマ照射による医療効果を期待しており、プラズマを照射すると治癒効果や止血効果が得られるというマクロな現象であり、ミクロには培養細胞のがん細胞が死んだなどといった現象が報告されているが、作用機序はほとんど明らかになっていない。

そのような中でも、プラズマを照射した液体に様々な作用がある研究が最も注目されている。我々のように超純水に当てるグループのみならず、水道水や培養細胞の培地に照射を行ったりしている。我々のチームではプラズマを照射した超純水をプラズマ処理水と呼び、殺菌消毒のために用いることを考えており、物理、化学、物理化学、分析化学、生化学、分子生物学、歯学、医学など多岐にわたる研究者に参画して頂いて研究を進めている。基本的なコンセプトとして「毒は毒として使いましょう」というのがあり、その毒に付加価値があれば従来手法を上回る技術があるのではないかなとたくらんでいる。現時点で付加価値は、1 滅菌レベルの高い殺菌力、2 体温では数秒で失活して無毒化、という点を考えている。例えば、大腸菌なら 10^{-3000} 、芽胞なら 10^{-22} まで菌数を減少させる事が可能な魔法のプラズマ処理水の合成に成功しており、冷凍保存することで何年でも保管できることが判明している。このような高い殺

菌力は一般的には生体為害性も高いが、体温では数秒程度で失活するという特徴も同時に備えているために、まさに魔法の水である。過酸化水素 100% 以上の殺菌力を人体の表層に適用出来る可能性がある。

このような殺菌力は酸性条件のみで得られ、低 pH 法と呼んでいる[3, 4]。作用機序に、 $O_2 \cdot$ の酸解離平衡が重要な役割を果たしていることがわかっており、pKa が 4.8 であるために低 pH 環境下で $HOO \cdot$ という電気的に中性なラジカルに変化するために、細胞浸透性が上がり、殺菌力が劇的に高まるのが、化学反応速度論からも明らかになっている[5, 6]。サイエンスとしてのプラズマ医療の考えは基本的には下記の通りである。

- 1 プラズマはいろいろな化学活性種を作る。
- 2 活性種は生体高分子(特にタンパク質)と反応する
- 3 酵素活性低下など生化学的な作用が出る
- 4 細胞レベルでの作用がマクロな作用へ
- 5 人体に対してなんらかの影響

考えてみれば当たり前であるが、筋道立てて考えるのが重要である。

このような消毒技術を歯科分野へ応用することを考えて、歯科医療機器メーカーとも連携して研究を進めている。人から抜去した歯牙に対して口腔内微生物を感染させたモデルを、完全に無菌化するなどの成果も得られており、従来にはない新しい技術として成り立ちうると考えている。

プラズマ医療分野において、活性種濃度、作用時間、温度などを十分に考慮した実験を行い、化学反応速度論に基づいた実験事実の正しい科学的な解釈が、今後、重要となるであろう。



図1 LF マイクロプラズマジェット[1, 2]

参考文献

- [1] 北野勝久、浜口智志、応用物理学会誌、4月号、(2008).
- [2] 日本国特許第 4677530 号.
- [3] S. Ikawa, K. Kitano, S. Hamaguchi, Plasma Process. Polym., 7, 1, pp.33, (2010).
- [4] 日本国特許第 4408957 号.
- [5] E. Takai, S. Ikawa, K. Kitano, J. Kuwabara, K. Shiraki, J. Phys. D: Appl. Physics. 46, 295402 (2013).
- [6] 北野勝久、井川聡、谷篤史、食品分野における微生物制御技術の最前線、シーエムシー出版、(2014).