

大気圧低温プラズマによる液中殺菌技術

キーワード：殺菌、滅菌、プラズマ、医療応用

概要

現在医療現場で使用されている殺菌、滅菌の手法は熱や紫外線、ガンマ線などによる物理的手法のほかに、エチレンオキサイドガスや過酸化水素などの薬剤を使った化学的手法が用いられています。これらの殺菌手法では、強力な殺菌効果が得られる反面、高温や高圧、酸化作用などによって殺菌対象物の素材劣化が起るため、新たな殺菌技術の開発が期待されています。特に人体組織を対象とした場合、物理的手法はもちろんのこと、有害な殺菌剤を使用することも出来ません。そのため、感染症の問題は依然として医療現場での克服すべき課題であります。

当研究所では大阪大学と共同で研究を進め、大気圧低温プラズマジェットを利用して液体中の細菌をきわめて効率よく殺菌する技術を開発しましたので、ここで紹介します。

大気圧低温プラズマジェット

大阪大学大学院工学研究科の北野勝久准教授らによって開発された低周波プラズマジェット（LF ジェット）¹⁾は、高電圧低周波パルス（～10kV, ～10kHz）を印加することでヘリウムのグロープラズマを容易に発生でき、小型かつ安価な装置で使用できるという利点があります。図1に示すように、このLF ジェットは指で触れることができるほどの低温でありながら高いエネルギー粒子を含むため、ポリマーの重合や有機物の酸化、金属イオンの還元など様々な化学反応に利用できます。当研究所では、このLF ジェットを液中殺菌に応用するための技術開発を行いました。

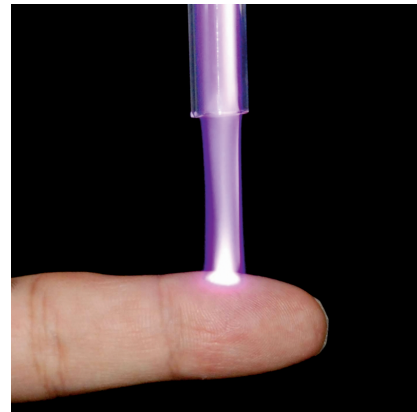


図1 LF プラズマジェット

プラズマジェットによる液中殺菌

プラズマを用いた殺菌技術はこれまでも研究されていますが、その多くは乾燥した対象物の表面に直接プラズマを照射する方法であり、使用できる範囲は限定的でした。

プラズマを液体に直接照射した場合、プラズマに含まれる電子やイオンは液体に吸収されてしまい、表面からごく僅かの深さまでしか侵入できなため、そのまま液体にプラズマを照射しても液中の微生物を殺菌することは困難です。しかしながら、液体の pH を酸性に制御することで、きわめて短時間で液全体を完全に殺菌する技術（低 pH 法）²⁾の開発に成功しました。図2に示すように、中性付近である pH 6.5 の液体では大腸菌の生菌数が全く変化しませんが、pH 4.7 ではプラズマ照射5分後に生菌数が10万分の1程度にまで低下しており、pH 3.7 においてはプラズマ照射1分後で、同等の殺菌力が得られました。このような効果は、プラズマ周辺の雰囲気ガスに酸素が含まれる場合にだけ見られることから、活性酸素の一種であるスーパーオキシドラジカルの影響が大きいと考えられています³⁾。

この低 pH 法による液中殺菌は、図 2 で示した大腸菌だけでなく、黄色ブドウ球菌、ミュータンス菌、カンジダ菌など様々な細菌や真菌に対しても効果があることが確認されています。

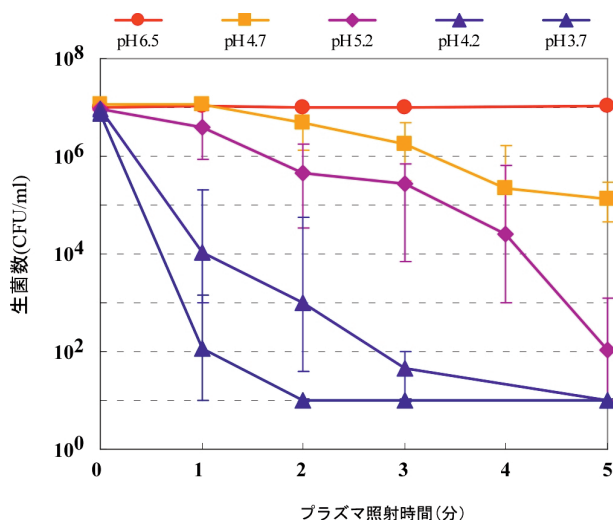


図 2 LF ジェットによる殺菌

プラズマジェットの医療応用

LF ジェットのような大気圧低温プラズマと低 pH 法を組み合わせることで、従来の技術では殺菌消毒が難しかったケースへの応用が期待されます。現在、歯科治療への応用を目指して、歯科医療メーカーと共に技術開発を進めており、根管治療のための殺菌装置の開発を行っています。従来の根管治療では、神経を抜いた根管内部に殺菌剤を注入することで無菌化を行っていますが、その成功率は 70~80%だと言われています⁴⁾。そのため、治療期間が長くなったり、再治療の原因にもなっています。本技術を導入することで、従来の殺菌剤では不十分だった無菌化を短時間で確実に行うことが出来れば、患者の負担軽減や医療費の削減にもつながると期待されています。

他にも、火傷や褥瘡（床ずれ）などに見ら

れる治療困難な細菌感染症などへの応用も期待され、国立がん研究センター東病院（千葉県柏市）との共同研究も行っています。プラズマによる液中殺菌は、そのメカニズムから抗生物質の様な耐性菌の出現が起こりにくいと予想されており、さらに有害な薬剤等も使用しないため、環境負荷や健康リスクの少ない、新しい殺菌技術として期待されています。

まとめ

これまで使用されている殺菌方法とはことなる、新しい殺菌技術であるプラズマ殺菌は世界中でも注目されており、今後大きな発展が期待される技術です。今回ご報告しました技術は、大気圧低温プラズマで液中殺菌を行うという非常にユニークなものであり、世界的にも類を見ない斬新な技術です。医療現場での様々な感染症問題を解決するためのツールとして、より広い範囲での応用が期待されています。

また、医療分野に限らず、水を使用する現場では細菌による汚染のリスクが必ず存在します。例えば食品や飲料を加工する現場など、今後ますます応用範囲が広まるものと考えられます。

参考文献

- 1) 日本国特許第 4677530 号
- 2) 日本国特許第 4408957 号
- 3) *Plasma Process. Polym.*, 7 (1), 33-42 (2010)
- 4) 日本歯科医師会雑誌 51, 315-324 (1988)