

トーチ型マイクロ波励起空気プラズマを用いた低温 滅菌法に関する研究

板良敷, 朝将

<https://doi.org/10.15017/1654930>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名：板良敷 朝将

論 文 名：トーチ型マイクロ波励起空気プラズマを用いた低温滅菌法に関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章では、本研究の背景である、滅菌の定義および医療分野における衣料器材の滅菌処理の位置付けについて述べた。

第 2 章では、医療用滅菌法の現状について述べた。医療現場で使用される再利用が可能な器具は、洗浄・消毒・滅菌処理が行われており、滅菌処理の方法としては、高圧蒸気滅菌器、エチレンオキサイドガス (EOG) 滅菌器や過酸化水素を用いた過酸化水素ガス滅菌器およびプラズマガス滅菌器などが利用されている。高圧蒸気滅菌器は耐熱性・耐湿性の器具にのみ使用可能である。EOG 滅菌器や過酸化水素ガス滅菌器／過酸化水素プラズマガス滅菌器は低温 (40~60 °C) で滅菌が可能だが、EOG の発がん性が問題となっている。過酸化水素ガス滅菌器／プラズマガス滅菌器は高価な薬剤を使用するためランニングコストが高いうえに、器具への残留性も指摘されている。このような背景から、低温・安全・低ランニングコストで滅菌処理が可能な滅菌法が望まれている。

近年、プラズマを用いた滅菌法の研究が盛んに行われるようになってきた。これらはプラズマから発生する紫外線や、反応性の高い分子または原子ラジカルなどを用いる低温滅菌法である。薬剤を用いないため既存の滅菌法に比べ器具への残留性などの危険性が低い。特に低圧下のプラズマの場合、プラズマが人体に触れることはなく安全である。マイクロ波プラズマ生成装置は、活性粒子種の短寿命性から、プラズマ生成部に近い部分でのみ滅菌処理が可能であることが分かった。また大体積に活性粒子種を生成した場合、活性粒子種の密度が低下してしまい、滅菌を達成するのに長大な処理時間を要する。従って、短時間で空間的に一様に滅菌処理が可能な医療用プラズマ滅菌器はこれまで実現していないのが現状である。

第 3 章では、空気プラズマの生成装置と原理について述べた。マイクロ波放電は、ガス温度が低いプラズマを高密度に生成することが可能であり、高密度活性種源としてプラズマ滅菌法に好適である。従前よりプラズマ滅菌法の研究に使用されてきたトーチ型マイクロ波プラズマ源は、低温かつ高効率なラジカルを生成できるリモートプラズマ源として有望であるが、活性粒子種生成の空間一様性や滅菌の大体積化については検討されていない。従って、医療用滅菌器として必要な空間一様性を確保し、容器内全体で滅菌処理が可能な装置の開発を行う必要がある。本研究ではマイクロ波放電による高密度プラズマ源に大面積プラズマ源を組み合わせることにより、短時間かつ空間的に一様な滅菌処理が可能な低温プラズマ滅菌器を開発することを目的とした。これまでのトーチ型マイクロ波プラズマ源をもとに、

1. トーチ型マイクロ波プラズマ生成装置
2. メッシュ電極型交流プラズマ生成装置
3. 上記1および2を組み合わせたハイブリッドプラズマ生成装置

なる3種類の新たなプラズマ源を新たに考案した。

第4章では、前章で述べた3種類のプラズマを用いて滅菌実験を行った。それぞれのプラズマ源において、トーチ先端または金属メッシュ電極から3cmの位置にバイオロジカルインジケータ(BI)を設置した場合、トーチ型マイクロ波プラズマ生成装置、メッシュ電極型交流プラズマ生成装置、ハイブリッドプラズマ生成装置によりそれぞれ120分間、90分間、45分間で滅菌処理が可能であることを明らかにした。また、処理容器内での滅菌処理の空間一様性について、トーチ先端からの距離を3~13cmと変化させてBIを設置して滅菌可否を調べた。プラズマをBIに120分間照射した結果、トーチ型マイクロ波プラズマ生成装置が3cmの距離まで滅菌処理が可能であったことに対し、ハイブリッドプラズマ生成装置ではチェンバー底面である13cmまで滅菌処理が可能であった。従って、ハイブリッドプラズマ生成装置が最も滅菌時間が短くかつ空間的に一様に滅菌処理が可能であることが明らかとなった。本実験結果については、参考論文2にまとめ公表した。

メッシュ電極型交流プラズマ生成装置およびハイブリッドプラズマ生成装置においては、200~300nmで観測されるNO γ に特徴的な離散的ピークが確認された。メッシュ電極型交流プラズマ生成装置およびハイブリッドプラズマ生成装置では圧力が40Pa以下の場合、発光強度が特に強くなることが確認された。また、ハイブリッドプラズマ生成装置はNO γ の発光が他の活性種と比べて顕著に強いことから、NO*等の窒素酸化物ラジカルが滅菌処理に寄与していると考えられる。

ハイブリッドプラズマ生成装置により処理時間120分で滅菌が可能であることから、ハーフサイクル法に従うと、実用的には4時間の滅菌処理時間が必要となる。これまで研究が進められてきた高周波プラズマ滅菌法では、ハーフサイクル法による滅菌時間は6~8時間であることから、本ハイブリッドプラズマ生成装置を用いた滅菌器は、現在のプラズマ滅菌器の中では最も高速処理が可能な医療用滅菌器であると言える。

第5章では、上記各プラズマ滅菌器による環境影響を調べるため、装置から排出される窒素酸化物(NO x)の測定を行った。排出量が少ないメッシュ電極型交流プラズマ生成装置においても0.53ppmのNO x が排出されており、環境基準を多少上回る結果となった。本結果については、参考論文3として公表した。現在、放電電圧の低下が可能な電極構造およびプラズマ生成条件を探索しており、窒素分子の解離を抑えることでNO x 発生の抑制を試みている。

第6章では、本研究のまとめと今後の課題について述べた。

以上の結果より、現存する医療用滅菌器と同等以上の性能を持ちながら、環境負荷の小さい新規な医療用低温滅菌器の実用化の可能性が示された。