

琉球大学学術リポジトリ

LF-マイクロ波プラズマを用いた表面滅菌に関する研究

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学 公開日: 2021-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Tonmitr, Norrawit メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/48607

令和 3 年 2 月 16 日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員
主査 氏名 米須 章
副査 氏名 林 信哉
副査 氏名 比嘉 晃



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 Norrawit Tonmitr 学籍番号 XXXXXXXXXX	
指導教員名	米須 章	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	Studies on Surface Sterilization using LF-Microwave Hybrid Plasma	
審査要旨（2000字以内） プラズマ滅菌法は、プラズマ中に発生する活性種や高エネルギー電子、紫外線などの作用により対象物の表面を滅菌する方法であり、現在医療現場で用いられている滅菌法にはない多くの優れた特長を有するため、次世代の滅菌法として研究が進められている。プラズマ滅菌法に用いられるプラズマとして様々なプラズマが提案されており、中でも、大気圧下で生成することができ、電子温度は高いがガス温度は低い大気圧非平衡（低温）プラズマは、滅菌に用いた場合、大気圧下において低温で高速処理ができるため注目を集めている。本研究では、まず、プラズマ滅菌用の新しい大気圧非平衡プラズマ源の開発を行った。低周波(LF)交流電界を用いて生成されるLFプラズマジェットは、大気圧非平衡プラズマであ		

(次頁へ続く)

審査要旨

り、簡単な電極構造で生成することができる。しかし、電子温度が低いために、十分な活性種を生成することができずプロセスへの応用は限定されていた。そこで本研究では、LFプラズマジェットに対してマイクロ波を照射することにより、プラズマ中の電子のみに選択的にエネルギーを与え、ガス温度の上昇を抑えつつ、活性種を多く含むプラズマ（LF-マイクロ波ハイブリッドプラズマ）の生成法を考案した。さらに、このプラズマを用いた表面滅菌の研究を行った。

装置はマイクロ波導波管内に石英ガラス放電管が設置されており、さらに放電管内にはLF電極が設置されている。また、効率よくマイクロ波照射を行うために放電管の周りには円筒型のスロットアンテナが設置されている。LF電極に電圧を印加してLFプラズマジェットを生成し、導波管内にマイクロ波を導入することにより、ジェット状のLF-マイクロ波ハイブリッドプラズマを生成することができる。

本研究では、まず、この装置の基本特性を明かにした。プラズマ滅菌においてもっと効果的に作用する活性酸素種の生成量を発光分光法、ケミカルインジケータ（活性酸素種用の試験紙）、ガス検知管などを用いて測定し、ハイブリッドプラズマが多く活性種を生成できることを明らかにした。また、LFプラズマジェットへのマイクロ波の照射効率を決めるマイクロ波反射板の位置やマイクロ波とのカップリングを決めるLF電極とスロットアンテナとの位置関係の最適化を行った。

次にプラズマのガス温度の制御を行うためにマイクロ波のパルス化を行った。照射するマイクロ波をパルス化することにより、プラズマの生成もパルス（間欠）化される。プラズマの生成に休止期間を設けることにより、ガス温度の上昇を抑えることができる。プラズマ中の活性酸素種の量およびガス温度とマイクロ波のパルス条件（ピーク電力、平均電力、パルス幅、デューティー比）の関係を調べ、それぞれパルス条件に対する依存性が異なることを示した。従って、パルスの条件によっては、活性酸素の生成量を保ちつつ、ガス温度のみを減少させることが可能であることを明らかにした。これは、低温での高速滅菌処理を可能とする。

さらに、放電領域へのガス供給方法についての詳細な検討を行った。本装置では、放電ガスとしてアルゴンガスと酸素ガスの両方を用いている。そこで両ガスを分離して直接放電領域に供給する方法と両ガスを混合後、放電領域に供給する方法において放電特性の違いについて調べた。その結果、ガスを混合した状態で供給する場合、分離して供給するよりもガス温度は低く、また、活性酸素種の生成量も多くなることが分かった。これは、ガスを混合して供給した方がプラズマ滅菌に適したプラズマが生成できることを示す。

最後に実際に医療用滅菌装置の指標菌として用いられる芽胞菌 (*Geobacillus stearothermophilus*) を用い、本装置の滅菌能力の評価を行った。その結果、活性酸素種が多く生成されたパルス条件および混合ガス供給の場合に短時間かつ低温で滅菌が可能であることを示した。このことより、本装置における滅菌の主な要因は、プラズマ中で生成された活性酸素種であることが分かった。最終的に、最適化された条件のもと滅菌実験を行い、 2.4×10^6 個の芽胞菌を処理温度82.4℃、処理時間1分で完全に滅菌できることを示した。これにより本方法は、従来の医療用の滅菌法に比較し、より低温かつ短時間で滅菌ができることを明らかにした。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。