

研究紹介

プラズマ生成装置の開発および滅菌への応用

琉球大学 工学部 工学科 電気システム工学コース・教授 米須 章

(E-mail : yones@eee.u-ryukyu.ac.jp)

1. プラズマ滅菌法

現在、医療機関における医療器具の滅菌には、主に高圧蒸気滅菌やガス滅菌が用いられています。高圧蒸気滅菌は、高温高圧の蒸気により滅菌処理を行なう方法で最も広く利用されていますが、非耐熱・非耐湿性の材料には使用できません。一方、ガス滅菌法は、エチレンオキシドガスにより低温で処理を行なうことができますが、このガスは人体に対しても有毒なため取り扱いに注意が必要であり、また処理時間が長いなどの欠点があります。これらの滅菌法に対して、近年、プラズマを用いた新しい滅菌法が注目を集めています。放電により生成されたプラズマ中には、高いエネルギーを持った電子やイオンが存在します。放電ガスに酸素を用いた場合、プラズマ中で酸素分子は高エネルギー電子との衝突により、酸素原子へ解離します。酸素原子(活性種)は強い反応性をもっており、細菌を構成しているたんぱく質中の炭素結合を切断することで細菌を死滅させます。このため、従来の方法に比べて短時間での処理が可能となり、また、放電に使用する酸素ガスは毒性がなく、取り扱いが容易であるという特長を有します。プラズマは、その生成法(放電形式)により特性が異なります。以下に本研究室で開発したプラズマ生成法とプラズマ滅菌への応用について紹介します。

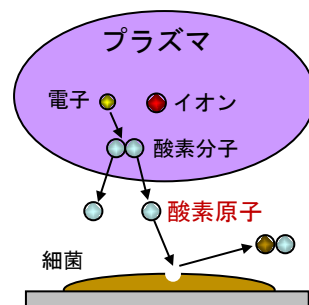


図1 プラズマ滅菌法

2. マイクロ波支援誘電体バリア放電プラズマを用いた滅菌

大気圧下において電極間に高電圧を印加する方法(アーク放電)でプラズマを生成するとガス温度が数千度と高温になり、滅菌へ用いた場合、医療器具への熱的なダメージが避けられません。これに対して、表面に誘電体を設置した電極により放電を起こす方法を誘電体バリア放電と呼びます。この方法では、電極表面の誘電体の帯電効果により、電子からガス粒子(原子・分子)へエネルギーが移る前に放電が停止し、その結果、電子温度に比べてガス温度・イオン温度の低い大気圧低温プラズマとなります。ただ、生成される活性種の量が少ないため、プラズマ滅菌に用いた場合、十分な効果が得られていませんでした。そこで、本研究では、誘電体バリア放電で生成された大気圧低温プラズマにマイクロ波を照射する新しいプラズマ生成法を開発しました。マイクロ波はその周波数が高いため、質量の軽い電子のみを加速して選択的にエネルギーを与えることができます。その結果、ガス温度・イオン温度は低く保ちつつ、活性種の生成に重要な働きをする高エネルギー電子を多く生成することができます。実際に本方法で生成したプラズマを滅菌に用い、従来の滅菌法に比較して短時間かつ低温度での滅菌処理を実現しました。

3. 電子サイクロトロン共鳴プラズマを用いた長尺細管内部の滅菌

プラズマ中で発生する活性種は、その反応性が高いものほど寿命は短くなります。そのため、プラズマ滅菌で効率よく処理を行うためには、できるだけ対象物の近くでプラズマを生成する必要があります。一方、カテーテルのような長尺細管の内部には、電極などを配置することが困難なため一般的にプラズマの生成が困難になります。そのため、これまで長尺細管内部のプラズマ滅菌の研究はほとんど行われていませんでした。そこで、本研究では、磁場とマイクロ波を組み合わせた放電により生成される電子サイクロトロン共鳴プラズマを用いて長尺細管内部の滅菌を行う方法を開発しました。磁場中を運動する電子はローレンツ力により磁力線に巻き付く回転運動を行います。そこに、その回転周波数と同じ周期で振動する電場を印加すると電子は共鳴的に加速され続け、高いエネルギーを得ます。この原理を用いた放電により生成されたプラズマを電子サイクロトロン共鳴プラズマと呼びます。電子の回転周波数は磁場の値に依存するため、電場と共鳴する磁場の位置を細管内部に配置し振動電場を加えると無電極で細管内部のみにプラズマを生成することができます。実際に本方法を用いて、内径 5mm、長さ 500mm のチューブ内部のみにプラズマを生成し、滅菌ができることを示しました。