

# パルス型二次電子銃の高繰り返しパルス動作によるバクテリアの不活性化実験 Inactivation of bacteria by the repetitive pulse operation of secondary electron emission gun

村越 貴成, 渡邊 正人, 堀田 栄喜

Takanari Murakoshi, Masato Watanabe, Eiki Hotta

東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

## 1. はじめに

電子ビームは金属の溶接や表面処理, 電子顕微鏡など社会において広く利用されている。近年では, 電子加速器による医療器具の滅菌が注目されているが, 装置が大型で消費電力も高い。そこで我々は, 二次電子銃を用いて小型かつ低消費電力の滅菌装置を開発し, 医療現場での実用化を目指している。これまで, 二次電子銃による電子ビームの照射により芽胞形成菌である *Bacillus pumilus* の殺滅に成功した<sup>(1)</sup>。現在, さらなる装置の性能向上ならびに滅菌時間の短縮化のため, 繰り返しパルス周波数を増加させている。今回は, 二次電子銃のパルス繰り返し周波数を増加させたときの電子ビームのエネルギー分布を評価し, バクテリアに対する不活性化効果を検証する。

## 2. 実験装置

二次電子銃 (Secondary Electron Emission Gun, 以下SEEG) の構造と回路構成をFig.1に示す。SEEG はイオン衝突から得られる二次電子を利用したパルス電子ビーム源であり, その構造は大きく3つに分けられる。イオンの発生源となるワイヤ・イオン・プラズマ源 (Wire Ion Plasma Source, 以下WIPS), 二次電子放出と電子の加速を担う陰極板を備えた加速チャンバおよび対象物の処理を行う電子ビーム照射部である。WIPS はタングステン製の細線を陽極として使用し, これと同軸のステンレス製円筒を陰極としたプラズマ源である。SEEG ではこのWIPSが二次電子を得るためのイオン源として利用されている。内部にヘリウムガスを充填し, 放電開始電圧よりも高いステップ電圧を印加することによりパルスの放電を起こすことが可能である<sup>(2)</sup>。真空チャンバ内には高電圧陰極板が設置されており, WIPS からイオンを引き出す。陰極板にイオンが衝突すると二次電子が発生するため, それを静電界で加速させて電子ビームを得る。以上の構造により, 二次電子銃は次の特徴をもつ。WIPSをパルス放電させることによってイオン電流密度の瞬時値を増大させ, パルス電子ビームのピーク出力を増大させることができる。加速チャンバ内の陰極板はイオンビームの引き出しと電子ビームの加速という2つの役割を同時に果たすため, 装置が比較的単純かつ小型である。また, WIPSの細線陽極の軸方向長さがビーム幅となるため, 広範囲かつ均

一なシート状の電子ビームを得ることが可能である。

## 3. 実験結果

SEEG の繰り返し周波数を増加させたときの電子ビーム分布の評価ならびに滅菌実験を行った。Fig.2には, 加速電圧 100 kV で繰り返しパルス周波数 2, 4, 8 Hz にて照射したときのバクテリア (*Bacillus pumilus*) の生残曲線を示す。なお, 横軸はビームの吸収線量 [kGy], 縦軸はコロニー数 [CFU]としている。Fig.2より, SEEG の繰り返し周波数の増加によって, グラフの傾きが増加し, 滅菌効果が向上していることが分かる。また, 繰り返しパルス周波数 2 Hz と 8 Hz での滅菌所要時間を比較すると約 69 秒の滅菌時間の短縮に成功した。

本研究は科学研究費補助金基盤研究(C) (No.25420245) の助成を受けた。

[1] 佐藤駿:「イオン衝撃二次電子銃の滅菌応用」東京工業大学修士学位論文 (2015)

[2] 浦井一:「ワイヤ・イオン・プラズマ源の基本特性と応用に関する研究」東京工業大学博士学位論文 (1997)

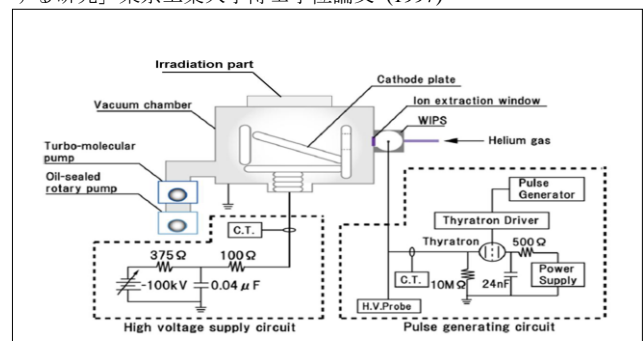


Fig.1. Schematic diagram of SEEG

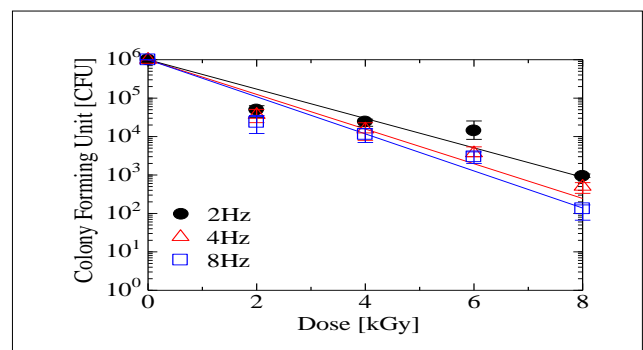


Fig.2. Inactivation of *B.pumilus* spores