

補助事業番号 2019M-160

補助事業名 2019年度 温泉施設等の水蒸気中に含まれる病原性細菌の電気的不活化研究 補助事業

補助事業者名 大分工業高等専門学校・准教授・上野 崇寿

1 研究の概要

レジオネラ症は、わが国においても2000年ころから温泉施設や循環式風呂にて多く発生している。その9割以上が、浴室のシャワーや蛇口などの気泡装置でレジオネラ属菌が泡沫に含まれ水蒸気と共に飛散し、気道を介して吸入され肺に感染することが原因とされる。感染時の致死率は15%程度と非常に高いが、その感染を防ぐための有効な手段がなく、厚生労働省発行の指針にあるように、細菌の発生しやすい箇所の定期的な清掃やメンテナンスしか方策がないのが現状である。(厚生労働省、公衆浴場における衛生等管理要領, 2012)

そこで申請者らは、これまでに開発したコロナ放電によって霧を捕捉・除去する装置と、構築したパルス高電界による薬剤耐性菌の滅菌技術を組み合わせることで、空間中に浮遊する水蒸気中の病原性細菌を吸引・凝集し、高電界によって滅菌できるのではないかと考え、新たな滅菌手法として提案した。

3Dプリンターで作成した簡易な枠組みに並行平板電極を設置し、高電圧を印加することで、水蒸気中の細菌を凝集することができた。加えて、凝集時に大腸菌*E.coli*では、最大約 10^5 程度、腸球菌では約 10^2 程度不活化できることがわかり、水蒸気を凝集し、その中に含まれる病原性細菌を不活化できる手法を構築できた。

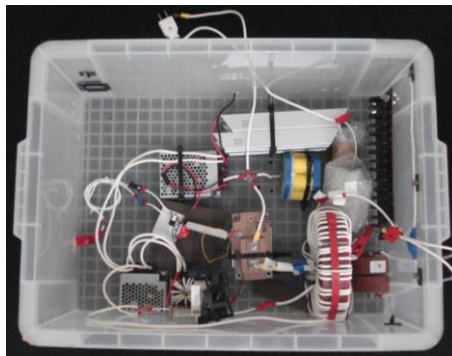
2 研究の目的と背景

3 研究内容

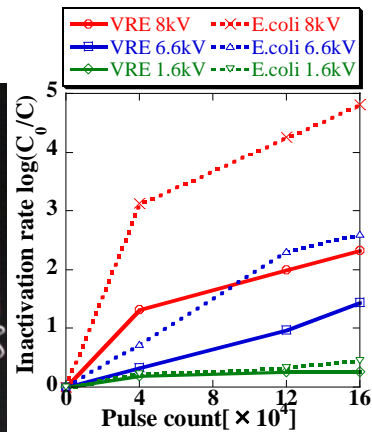
高電界による水蒸気凝集効果を応用した水蒸気中の細菌不活化手法の確立を目的として、グラム陰性及びグラム陽性菌における電界による不活化率の差異、高電界による水蒸気中細菌不活化の確認を行った。

(1) 高電界による細菌不活化(<http://pefee.html.xdomain.jp/PEF.html#idx001>)

作成したインパルス電圧発生装置により発生させた8.0kVのインパルス電圧を 16×10^4 パルス印加時において、*E.coli* (*Escherichia coli* : *E.coli*) では不活化率約4.8、VRE(*Vancomycin-Resistant Enterococcus faecium* : VRE)では不活化率約2.3と差が生じた。また、電界による不活化はその処理時の温度にも大きく影響を受け、VRE懸濁液において、8.0kVのインパルス電圧を 16×10^4 パルス印加時に15°C一定での処理時は不活化率2.0程度であったのに対して40°C一定での処理時は不活化率4.5程度を示し、高温下での処理であるほど高い不活化効果が得られた。

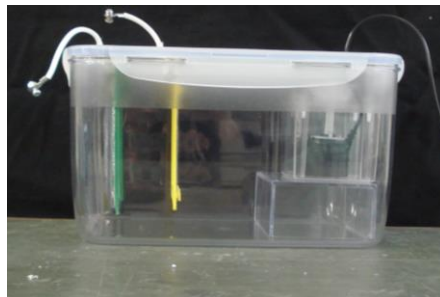


インパルス電圧発生装置 印加パルス数に対する不活化率

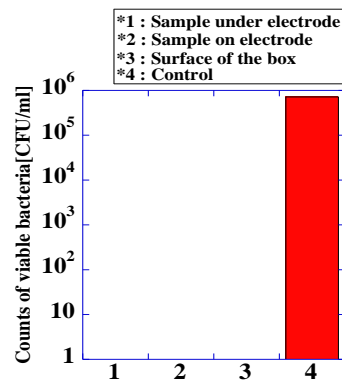


(2) 水蒸気中における細菌の不活化 (<http://pefee.html.xdomain.jp/PEF.html#idx002>)

VRE懸濁液を密閉空間下で水蒸気化を行い、電圧印加を行った。水蒸気凝集の際に生じる水蒸気中細菌不活化に関しては、VREに対し10分間の印加を行うことで不活化率約3.0程度を示し、*E. coli*に対して30分間の印加を行うことで不活化率約5.86を示した。



簡易水蒸気回収、不活化容器



高電界による水蒸気中 *E. coli* コロニー数

この高電圧印加によりコロナ放電が発生し、活性酸素を生じさせていることがKI-デンブンプン水溶液ゲルを用いることで確認された。発生した活性酸素のうち、オゾンが水蒸気中に5 ppm以上の濃度で溶け込むことで細菌の不活化へ寄与していることがパケットにより確認された。

今後、発生している活性酸素の同定をさらに細かく行う必要があるため、IR法などにより活性種を特定することで不活化の要因を確認する。また、フロー空間における水蒸気凝集の際に生じる不活化要因の調査を行うため、開空間下で電圧印加を行った際の水蒸気中のオゾン濃度、KI-デンブンプン水溶液ゲルを用いた活性酸素の空間分布などの測定、電界による水蒸気中の細菌不活化を行う予定である。

4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

浴場に設置できる紫外線(UV-C)放射装置が市販されているが、湯気や水蒸気による紫外線の

減衰や、紫外線による塩素消毒の効果低下のため利用されておらず、蒸気に含まれる細菌を不活化する装置は存在しない現状にある。

本結果をさらに応用し、市販できるように筐体化を行うことで、これまでにない薬剤耐性を生じない新たな滅菌装置として公衆衛生の向上に大きく寄与できると考えている。さらに昨今の空気感染や飛沫感染を防ぐことができる手法の1つとしても構築できる可能性があり、細菌だけでなくウイルスの不活化も視野に入れ本研究を推進する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで申請者らは、①半導体スイッチを使ったインパルス電源、②生物や医療への高電圧応用に関する研究を行ってきた。

①の電源開発に関しては、負荷の状態(電圧, 電流)に応じて出力電圧, 周波数を制御するフィードバック型の電源開発であり, IECの絶縁認証規格に対応した自動放電測定電源などの研究を行っている。フィードバック制御の一部と電極構造の仕組みを応用したものが霧除去発生装置であり, 高速道での霧による通行止め解消を目的として開発を行っている。

また, ②の生体へのアプローチも行っており具体的には, 高電界インパルスによるタンパク質溶液中の殺菌, 超高磁場発生コイルに対応した高効率パルス電源, バンコマイシン耐性腸球菌へのインパルス電圧の印加といった, 高電界および高磁場の生体応用を行っている。

本申請では, 水蒸気中のレジオネラ属菌を滅菌可能な技術の開発が求められている社会的状況にあることを踏まえ, 申請者らはこれまで水溶液中の細菌を対象とした不活化に関する研究を行っており, これを水蒸気中の殺菌に適用できないかと考えた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

[1] [Takahisa Ueno](#), Takashi Furukawa, Takashi Sakugawa, Sunao Katsuki, “Using High Electric Filed to Measure Aerosol-based Bacterial Inactivation”, The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology, P2-17, 2019

[2]大下昂亮, 古川隼士, 勝木淳, [上野崇寿](#), “高電界を用いたエアロゾル中の病原細菌の不活化効果に関する研究”, B2, 令和元年度電気学会九州支部高専研究講演会プログラム, 2020

[3]坂本泰都, [上野崇寿](#), “地域温泉水の滅菌に関する研究”, B3, 令和元年度電気学会九州支部高専研究講演会プログラム, 2020

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大分工業高等専門学校 電気電子工学科
(オオイトコウギョウコウトウセンモンガッコウ デンキデンシコウガクカ)

住 所: 〒870-0165
大分県大分市大字牧1666番地

担 当 者: 准教授 上野 崇寿(ウエノ タカヒサ)

担 当 部 署: ー

E - m a i l: ueno@oita-ct.ac.jp

U R L: <http://ee.oita-ct.ac.jp/staff/ueno>