

審 査 結 果 の 要 旨

論文題目：「活性酸素による微生物の滅菌効果の検証と滅菌プロセスに関する研究」

学位申請者 吉野 潔

医工連携による新たな医療技術が求められており、たとえば「プラズマ」を利用した医療技術に関する研究が挙げられる。プラズマを用いた医療器具の滅菌技術については様々な報告があり、既存の滅菌技術と比べて比較的毒性が少なく、低温滅菌が可能であることなど、その有効性についても報告されている。一方で、特定の波長の光（紫外光）を利用して空気中の酸素分子を励起した、いわゆる「活性酸素」は酸化力が非常に高く、様々な工業プロセスへの応用が期待される技術である。

研究の目的：本研究では、紫外光で励起した活性酸素を医療機器の滅菌プロセスへ応用すべく、微生物の殺菌メカニズムの解明とそれをもとにした殺菌プロセスの開発を目的とし、種々の検討を行っている。

本論文は、5章で構成されており、活性酸素を用いた殺菌メカニズムから滅菌プロセス設計、及びその評価まで行っている。以下、各章の概要とその成果を示す。

第1章では、研究の背景、目的と社会的意義について述べられており、従来の殺菌・滅菌技術と比較してどのような利点があるのか、また、活性酸素を用いた殺菌・滅菌プロセスを検討する意義について述べられており、申請者がこの分野に精通していると判断できる。

第2章では、紫外線（UV）を用いた殺菌技術とプラズマを用いた殺菌技術の検証実験を行っている。前者では波長 300nm 以下の UV は殺菌に有効であることが知られているが、真空紫外域（VUV、波長 200nm 以下）の紫外線の殺菌効果の知見が少なく、真空紫外域の殺菌特性を調べた。VUV を放射するキセノンエキシマランプ（ $\lambda=172\text{nm}$ ）を用いて微生物への殺菌効果を検証した結果、微生物への殺菌効果は UV と VUV では異なり、殺菌メカニズムも異なることを明らかにしている。また、後者では酸素ガスを導入して誘導結合プラズマ（ICP）装置を用いて活性酸素を生成させ、表面に作用する活性酸素量を水晶振動子上に形成した薄膜により直接定量することに成功しており、得られた知見は学術的にも大きな意義を有しているものと考えられる。

第3章では、UV で励起した活性酸素を用いて、種々の微生物の殺菌特性及びそのメカニズムについて検討している。ここでは、UV と活性酸素の同時照射による殺菌効果と活性酸素単独照射による殺菌効果を分けて検討を行っている。活性酸素に対する感受性は微生物によって異なり、特に芽胞体を形成する枯草菌に関しては UV との同時照射が有

効であることを明らかにした。さらに第 2 章で述べたプラズマで励起した活性酸素と殺菌特性を比較したところ、紫外線励起活性酸素とプラズマ励起活性酸素では異なる活性酸素種が主たる滅菌活性種となっており、殺菌メカニズムが異なる可能性があることを示しており、得られた知見の学術的な価値は大きいものと考えられる。

第 4 章では、第 3 章までに得られた知見をもとに紫外線で励起した活性酸素による滅菌プロセス設計と装置試作について検討を行っている。医療器具の滅菌は通常、滅菌バッグに包装して処理を行うことから、活性酸素の滅菌バッグ内への浸透性についても考慮したプロセス設計を行っている。試作装置の容積を 96 リットルとし、殺菌パラメータとして、ランプ出力、酸素濃度、繰返し回数、温度、などについて検討し、商品化を見据えた仕様を決定した。特に処理を行う際の処理装置内の温度と滅菌特性は相関性を示し、滅菌バッグ内でも効果的な滅菌を行うことができる条件を見出した。その結果、比較的短時間で医療器具の滅菌に必要な 6D（D 値とは微生物を 90% 不活化するのに要する時間であり、6D は 10^{-6} に殺菌することを意味する）を達成し、医療器具の滅菌器として使用可能であることを示している。

第 5 章では、2 章～4 章で得られた知見を基に本研究の社会的・工業的な意義について総括を行い、UV で励起した活性酸素を用いた医療器具の滅菌プロセス開発についての今後の方向性について述べている。

以上、本論文は、寿命の短い不安定な化学種である活性酸素を用いた滅菌技術を確立したこと、また活性酸素の微生物への作用効果を明らかにしたこと等、社会的、工業的、及び学術的にも大きな意義のあるものとする。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定され、申請者 吉野 潔 氏 は東海大学 博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	博士（工学）	沖村 邦雄	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	岩森 暁	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	工学博士	橋本 巨	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（工学）	神崎 昌郎	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	Ph.D	槌谷 和義	工学部教授	（総合理工学研究科総合理工学専攻）
委員	博士（医学）	藤本 修平	医学部教授	（医学研究科先端医科学専攻）