

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マルチガス温度制御プラズマ装置の開発と医療分野への応用に関する基礎研究
Title(English)	
著者(和文)	川野浩明
Author(English)	Hiroaki Kawano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10854号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:沖野 晃俊,岡村 哲至,奥野 喜裕,佐藤 千明,松本 義久,岩澤 篤郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10854号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		川野 浩明	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	沖野晃俊		准教授	審査員	佐藤千明	准教授
	審査員	奥野喜裕		教授		岩澤篤郎	東京医療保健 大学・教授
		岡村哲至		教授			
		松本義久		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「マルチガス温度制御プラズマ装置の開発と医療分野への応用に関する基礎研究」と題し、プラズマのガス温度を任意に制御でき、かつ様々なガス種でプラズマを生成できるマルチガス温度制御プラズマ装置を開発し、医療分野を中心とする各種応用に向けた研究についてまとめたもので、6章構成となっている。

第1章「序論」では、大気圧低温プラズマが広く使われるようになった背景を述べ、生体への照射を視野に入れたプラズマ装置の特徴をまとめている。そして、これまでに開発されている大気圧低温プラズマ装置では、ガス温度とガス種が各種の処理効果に与える影響を調べる事が困難である事を理由とともに指摘している。

第2章「大気圧低温プラズマの医療応用の現状」では、従来の低温プラズマの医療応用研究を紹介し、プラズマによる処理効果や安全性を向上させるためには、ガス温度の制御とマルチガス化を両立できるプラズマ装置の開発が必要である事を述べている。

第3章「プラズマのガス温度が殺菌効果に与える影響」では、温度制御プラズマ装置の基礎特性を明らかにするとともに、液中の細菌に対する殺菌効果のプラズマガス温度依存性と、殺菌要因を調べた結果を記述している。ヘリウムと酸素の混合プラズマのガス温度を、放電電力とは独立に10～80℃に制御し、大腸菌、緑膿菌、黄色ブドウ球菌、腸球菌、セレウス菌に対する殺菌能を調べている。その結果、大腸菌では10℃に比べて80℃では殺菌能が6.3倍となるなど、ガス温度の上昇とともに殺菌能が高くなる事を明らかにしている。殺菌能と活性種量の相関を調べた結果、一重項酸素の量と各種細菌に対する殺菌能との間に相関係数0.8～1.0の高い相関がある事を明らかにしている。これらの結果をもとに、プラズマの医療応用におけるガス温度制御の重要性について考察している。

第4章「マルチガスプラズマバブリングによる液中殺菌」では、マルチガスプラズマバブリング装置を開発し、各ガス種のプラズマの殺菌効果および殺菌要因を調べている。酸素と二酸化炭素のプラズマが黄色ブドウ球菌や緑膿菌等の一般細菌に対して高い殺菌効果を示す事、各ガス種のプラズマによって液中に導入される活性種の種類や量がガス種によって大きく異なる事を実験的に示している。窒素プラズマでは、液相における塩化ナトリウムとヒドロキシラジカルとの反応で、次亜塩素酸が生成されている可能性を示し、酸素プラズマでは、主にオゾンが殺菌に関与している事を示している。二酸化炭素プラズマの実験結果からは、10分程度の寿命を持つ殺菌因子の存在が推定されたが、特定には至らなかったため、今後はこの殺菌因子を特定し、二酸化炭素プラズマの有用性や安全性を評価する必要があると結論づけている。

第5章「マルチガス温度制御プラズマ装置の開発と医療および生命科学分野への応用」では、金属の3Dプリンタを用いて、マルチガス温度制御プラズマ装置を製作し、各種の応用研究を行っている。従来のプラズマバブリングでは付着菌の殺菌は困難であったため、超音波併用プラズマバブリング法を提案し、眼科用アブレーションチップの殺菌に適用している。アブレーションチップに緑膿菌と黄色ブドウ球菌を付着させて殺菌実験した結果、付着菌数はいずれも検出下限値以下に、バブリングした200 mLの精製水中の浮遊菌数はそれぞれ11および21 CFUに減少することを確認し、提案手法の有効性を実証している。次に、内視鏡的止血を目的として、内視鏡の鉗子口に挿入して使用できる、外径2.8 mmの小型マルチガスプラズマ装置を金属の3Dプリンタで製作している。ヒトの血液を用いて血液凝固実験をした結果、ヘリウムでは8秒、その他のガスでは10秒程度で血液が凝固する事を明らかにしている。ブタの胃粘膜上の湧出性出血部に対する内視鏡的止血実験を行った結果、5.8 Wの二酸化炭素プラズマを約30秒間照射する事で止血に成功している。止血処理部の組織を止血直後から5日目まで顕微鏡で経過観察し、低温プラズマ止血は従来の熱プラズマ凝固法よりも回復が早い事を確認している。次に、生命科学分野への応用として、プラズマ照射による植物細胞中への高分子導入実験を行っている。その結果、窒素と二酸化炭素のプラズマを20℃程度に制御して2秒間照射することで、細胞に損傷を与える事なく分子量が約75,000のタンパク質やDNAの導入に成功し、短期間での品種改良やゲノム編集への応用可能性を示している。

第6章「総括」では、本論文で得られた成果を総括するとともに、開発した装置の実用化に向けた展望について記述している。以上を要するに、本論文は、マルチガス温度制御プラズマ装置を開発し、医療および生命科学の分野に応用する研究についてまとめたもので、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。