

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大気圧低温プラズマを用いた表面付着物の高感度分析装置の開発
Title(English)	
著者(和文)	相田真里
Author(English)	Mari Aida
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10853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,千葉 光一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10853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		相田 真里	
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		千葉光一	関西学院大学 ・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「大気圧低温プラズマを用いた表面付着物の高感度分析装置の開発」と題し、熱に弱い表面にも適用できる、大気圧低温プラズマを用いた表面付着物の高感度分析装置の開発についてまとめたもので、7章構成となっている。

第1章「序論」では、微量付着物の高感度分析装置の開発が必要とされている背景について述べ、装置の開発は進んでいるが、分析の基礎となる試料の脱離やイオン化機構の解明は遅れている事を指摘し、これらの基礎過程に基づいた装置開発の必要性を述べている。

第2章「微量試料の分析法」では、近年注目が高まっている大気圧非平衡プラズマの分析応用について、物質の脱離とイオン化に関する知見とともに総括している。本研究における、熱や放電の損傷を表面に与えずに付着物を選択的に脱離し、試料分子のフラグメント化を抑制してイオン化するために必要な条件について考察している。

第3章「大気圧低温プラズマを用いた付着物の分析」では、皮膚などの熱に弱い表面に付着した物質を、1つのプラズマで脱離とイオン化を同時に行って質量分析する手法を、基礎特性結果とともに記述している。この手法を医薬品や化粧品成分の分析に適用した結果、イソプロピルアンチピリンなどの試料をpmolの検出下限で分析できたと記述している。また、プラズマのガス温度を30~100℃の範囲で変化させて、農薬のマラチオンを分析した結果、ガス温度の上昇とともに酸化物の信号強度が大きくなる事を示している。これらの結果を受けて、脱離とイオン化機構を解明するためには、試料の種類やプラズマ生成条件を、可能な限り統一して検討する必要性を述べている。

第4章「水素を用いたプロトン量の制御法とイオン化機構の解明」では、プラズマガスであるヘリウムに少量の水素を添加する事でプロトン量を制御する方法を提案し、実験を行っている。2-イソプロピルピリジンと4-イソプロピルアニリンを試料に用いた場合、300 mL/minのヘリウムに6 mL/minの水素を添加した条件で信号強度が最大となる事を示し、それぞれの試料を104 fmol, 42 pmolの検出下限で分析する事に成功している。これらの結果から、水素原子の発光強度が小さく、励起温度が高い条件で、検出下限が向上する事を明らかにしている。

第5章「大気圧低温プラズマを用いた表面付着物の有機質量分析装置の開発」では、2つのプラズマ源を試料の脱離とイオン化に個別に適用する事で、それぞれの過程を独立に最適化できるシステムを開発し、原理検証実験を行っている。医薬品の分析を行って提案手法の有効性を示すとともに、従来の60倍以上離れた位置でのサンプリングを実現している。また、様々な材質の基材に付着した各種の付着物の分析を行い、表面材質と試料の間に働く表面自由エネルギーが脱離に影響を与えている事を明らかにしている。さらに、プラズマ照射前後の各材質の表面状態をラマン分光分析法およびX線光電子分光法で分析し、有機物の基材では極性を持つ親水性の官能基が、金属基材では金属酸化物中で偏極した電子および空孔が付着物の脱離に影響を与えている可能性を示している。

第6章「微小領域の表面付着物分マッピング質量分析装置の開発」では、直径100 μm以下の微小領域の付着物分析を目的として、低出力なレーザーと低温なプラズマを併用したシステムを提案し、原理の検証を行っている。1パルス当たり1.9~2.2 mJのレーザーを使用する事で、表面に熱損傷を与えることなく、直径70~100 μmの位置分解能で試料を脱離できる事を実証している。また、波長405, 650, 980 nmのレーザーを使用して試料の分析を行った結果、いずれの波長でも単位エネルギーあたりの信号強度が $1.2\sim 1.3 \times 10^4$ a.u./mJとなり、実験を行った範囲では、波長ではなく光のエネルギーが脱離に影響を与える事を示している。さらに、レーザーの繰り返し周波数とパルス幅が表面温度と脱離面積に影響を与える事を示し、55~60℃の表面温度で試料の信号強度が最も高くなる事を明らかにしている。

第7章「総括」では、本論文で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について検討している。以上を要するに、本論文は、大気圧低温プラズマを用いて熱に弱い表面に付着した物質を高感度に分析する装置の開発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。