

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	大気圧微小プラズマを用いた微量試料の高感度無機 / 有機分析装置の開発
Title(English)	Development of High-sensitive Inorganic/Organic Analytical System for Small Amount of Sample using Atmospheric Microplasma
著者(和文)	岩井貴弘
Author(English)	Takahiro Iwai
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9521号, 授与年月日:2014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,堀田 栄喜,飯尾 俊二,藤井 隆,千葉 光一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9521号, Conferred date:2014/3/26, 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		岩井貴弘	
		氏名	職名		氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	沖野晃俊	准教授	審査員	藤井 隆	連携教授	
	審査員	堀田栄喜	教授		千葉光一	産業技術総合研究 所 計測標準研究 部門 部門長	
		岡村哲至	教授				
		飯尾俊二	准教授				

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「大気圧微小プラズマを用いた微量試料の高感度無機/有機分析装置の開発」と題し、微量試料中の微量元素および有機物の高感度分析のための装置開発についてまとめたもので、全6章から構成されている。

第1章「序論」では、微量試料分析が必要とされている背景について述べ、誘導結合プラズマ分析装置など、従来の分析装置の試料導入系および励起・イオン化源が微量試料分析に適していないことを指摘している。そして、表面付着物の選択的な採取法や試料導入法など、微量試料分析に必要なとされる技術について述べている。

第2章「大気圧非平衡プラズマの分析化学への応用」では、近年注目が集まっている大気圧非平衡プラズマの分析応用について、従来の研究例を総括している。そして、熱的な非平衡性を利用した表面付着物脱離への応用、空間的、時間的、非平衡性を利用した微量試料の励起およびイオン化法について考察している。

第3章「大気圧プラズマソフトアブレーション法の開発」では、低温のプラズマジェットを表面に付着した微量試料の脱離に応用する、大気圧プラズマソフトアブレーション法を提案し、装置を開発している。この装置と誘導結合プラズマ質量分析法を組み合わせることで、ガラス表面に20 μmの厚さで付着させたグリース試料中のモリブデンを、ガラスに損傷を与えることなく6.2 ppmの検出下限値で分析することに成功した。さらに、プラズマジェット中のラジカルによる化学反応を利用した試料脱離の検証を行い、アルゴンプラズマに1%の水素を添加することでタブレット試料中元素の信号強度を2~20倍に増感できることを明らかにしている。

第4章「大気圧非平衡プラズマを用いた固体有機試料分析法の開発」では、一つの大気圧非平衡プラズマ源で表面付着微量試料の脱離およびソフトイオン化を同時に行う手法を開発している。医薬品タブレット試料の分析に応用した結果、アセトアミノフェン、ロラタジン、アセチルサリチル酸などをsub-pmolの検出下限で分析することに成功している。次に、プラズマの高温高密度化による効率的な試料脱離およびイオン化の実現のため、高出力パルス電源とマイクロホローカソード電極を組み合わせた高出力パルスマイクロプラズマジェットを開発して最大放電電力約100 kW、パルス幅20 μsのパルス放電を生じ、励起温度6,700 K、電子密度 $2.8 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の高温高密度プラズマを生成することに成功している。カフェイン、エテンザミド、イソプロピルアンチピリンの有機質量分析を行った結果、それぞれ15, 3.8, 1.4 fmolの検出下限絶対量を得ている。また、皮膚に付着させた0.5 μgのイソプロピルアンチピリンの分析を実証している。さらに、開発した手法を化学兵器の分析に応用し、催涙ガスであるCNガス、CSガス、びらん剤である窒素マスタード1, 2, 3、神経剤であるソマン、タブン、VXガスについて、プロトン化した分子の測定に成功し、数pmolの検出下限値を得ている。さらに、脱離した試料の大気中への拡散を避けるため、陰圧で外部気体を引き込む準密閉系で試料の脱離とイオン化を行うプラズマセルを開発し、実用的な装置開発への指針を示している。

第5章「パルス同期マイクロプラズマ発光分光分析装置の開発」では、微量試料の高感度分析を目的として、ドロプレット試料導入法と高出力パルスマイクロプラズマを組み合わせた、パルス同期マイクロプラズマ発光分光分析装置を開発している。ドロプレットの飛来と同期して高温高密度なプラズマを生成することで高感度な元素分析が期待できるため、遅延回路を用いてこの同期を実現している。14 pLのドロプレット試料1滴中のナトリウム、カルシウム、マグネシウムからの発光スペクトルの測定に成功し、それぞれ870, 600, 760 fgの検出下限を得ることに成功し、本装置を用いた単一細胞や微粒子分析の可能性を示している。

第6章「総括」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の研究課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、微量試料の高感度無機/有機分析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。