OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	プロトンマイクロビームを用いた大気雰囲気下微少領域高感度元素分析技術の開発
Author(s)	酒井, 卓郎
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1004
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	酒井卓郎（さかいたくろう）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 17983 号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	**プロトンマイクロビームを用いた大気雰囲気下微少領域高感度元素分析技術の開発**
論文審査委員	（主査） 教授 山本 幸佳 （副査） 教授 高橋 亮人　教授 飯田 敏行　教授 磯山 悟朗

論文内容の要旨

本論文は、大気中で1 μmの空間分解能で多元素の二次元分布を測定できる、プロトンマイクロビームを用いた大気雰囲気下微少領域高感度元素分析技術の開発とその応用に関して記述した。本論文は以下の7章から構成される。

第1章では、序論としてParticle Induced X-ray Emission (PIXE) 法の特徴とイオンマイクロビーム技術の概要、本研究の目的である大気雰囲気下での分析について述べた。

第2章では、本研究を行った日本原子力研究所高崎研究所のイオン照射研究施設（TIARA）の概要と、本研究に用いたシングルエンド加速器の電圧安定化技術、また四重極磁気レンズを用いたイオンマイクロビーム形成技術に関して記述した。

第3章では、PIXE法の原理と元素の二次元分布を測定するマイクロPIXE法に必須なマルチパラメーターデータ収集系の開発、およびデータ解析、インターネットを利用したデータ共有に関して記述した。

第4章では、プロトンマイクロビームを大気中に取り出すための方策として、有機薄膜を大気取り出し窓と試料のバッキング材を共通にした構造についてと、ビームを大気中に取り出した後のビーム径の測定結果について記述した。

第5章では、本装置を用いた応用として歯質中のフッ素分布を測定する歯学応用と、そのために開発した核反応法により発生するγ線計測、厚い試料に対する照射電荷量の間接潮定法、画像解析による定量分析技術に関して記述した。

第6章では、その他の分野における応用として、医学・生物学分野では、臭素を含む薬剤の培養細胞への取り込みを可視化できることを示した。地球科学分野では、高空間分解能・高感度で試料を非破壊的に多元素の分布を測定できるため、鉱物試料の分析や重元素吸着剤の性能評価に有用であることを示した。環境科学分野での利用に関しては、エアロゾル個別粒子の元素組成や粒径、履歴を知ることができることを示した。

第7章で、まとめと展望として、本技術開発の意義、他の分析手法との比較、分析可能元素の拡充とその応用について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、プロトンマイクロビームにより多元素分布を持つ試料を大気中で空間分解能1 μm且つ高感度で分析を可能にする大気雰囲気下微少領域高感度元素分析技術の開発の過程、及びその成果としての応用例と可能性について述べたものである。

本論文の主な成果をまとめると次のようになる。

(1)従来のPIXE分析はイオンビーム径の制約上、マクロな領域での分析に限られていたが、本研究では集束型のプロトンマイクロビームを大気中に取り出し、電磁気的走査により二次元照射して、1 μmの空間分解能で試料の構成元素の分析と二次元分布像の描出を可能にしている。

(2)マイクロPIXE分析のために、X線のエネルギーとプロトンマイクロビームの位置情報を同時に評価できるマルチパラメータ計測システムを構築し、さらにFTPサーバの運用により実験データや解析ソフトウエアーをインターネットを通じて遠隔地の研究者にも共有できるようにしている。

(3)大気中照射PIXE分析の最大の難点は、真空窓による多重散乱が原因で空間分解能が悪化することであるが、これを克服するために窓材として軽元素で構成された高分子有機薄膜を採用し、試料を直接薄膜に貼り付けることにより、世界で初めて大気中で1 μm径のプロトンビームの照射を可能にしている。

(4)歯学応用として歯質内のフッ素の定量や分布測定は極めて重要であるが、非破壊で評価する方法としてプロトンマイクロビームによる核反応法を利用したフッ素分析技術を開発し、歯質中のフッ素濃度の高感度・高分解能分析を実現し、当該分野に大きく貢献している。

(5)生体細胞等に大気雰囲気下でプロトンマイクロビームの照射が可能となったため、従来の真空対応のための前処理による試料損傷がなくなり、その結果生体内に近い状態を維持したまま分析が可能となることから、医療における薬剤投与の効果や、生体細胞間の信号伝達の有無等の研究に大きく貢献している。

以上のように、本論文はPIXE分析法を大きく進展させ、プロトンマイクロビームを用いて大気中で高空間分解能分析法を実現したことにより、従来は困難または不可能であった分析が可能となったこと、及びその応用分野が幅広く拡がって来ていることについて記述している。

これらの成果は原子力工学の分野は勿論のこと、医学、歯学、放射線生物学の分野にも寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。