

超高感度元素イメージングのための2波長一体型 波長可変レーザー光源(技術編)

坂本 哲夫 工学院大学先進工学部応用物理学科 教授

キーワード: 分析装置開発、放射性物質、質量分析、イメージング、同位体分析、レーザー共鳴イオン化

概要

福島第一原発事故に伴い放出された放射性核種の環境動態は解明されたわけではない。放射性セシウムは事故後7年以上経過した今、様々な形態で環境中に存在すると思われるが、それを解明するためにはミクロな視野で、しかも、同位体を識別したイメージング技術が必要である。その際、最も困難な課題は質量分析において近接した m/z 値をもつ信号の干渉(同重体干渉)であり、図1に示すように放射性セシウムの場合には天然にも存在するBaが干渉する。今回開発した技術によれば、セシウムだけを選択的にイオン化することで同重体干渉を防ぎ、ミクロな視野で放射性セシウムを同位体ごとにイメージングすることができ、環境動態調査や廃炉工程などに多くの知見をもたらすと期待できる。

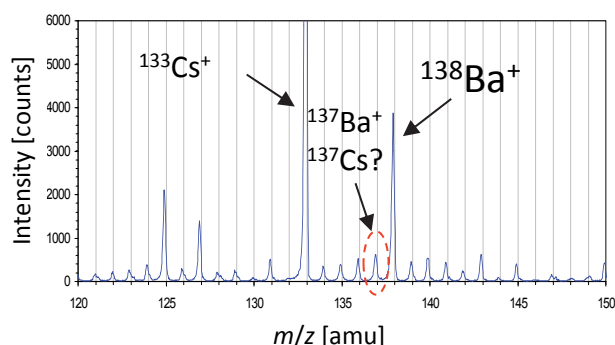


図1. ^{137}Cs と ^{137}Ba の同重体干渉の例

アピールポイント

- 多段階の共鳴励起・イオン化スキームにより、イオン化に選択性を持たせ、同重体干渉を防ぐ。(図2)
- 波長可変のレーザー2台を縦置きで一体化し、フットプリントの小さい2波長レーザーシステム(新規開発)(図3)
- 既設の質量イメージング装置と組み合わせ、面分解能40 nmでの同位体イメージングが可能(図4)

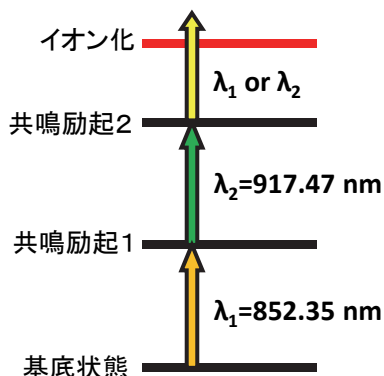


図2. Csの2色共鳴イオン化スキーム

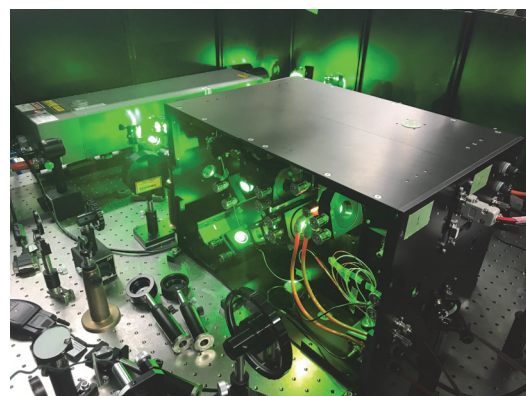


図3. 新規開発の縦置きTi:Sa波長可変レーザー

利用・用途、応用分野

- 放射性同位元素のマクロイメージング
- 放射性同位元素の環境動態調査
- 放射性同位元素以外に、半導体材料中の極微量不純物の高感度分析

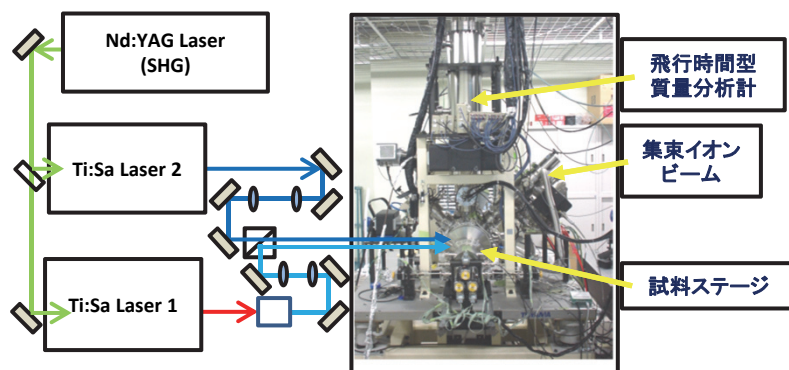


図4. レーザー共鳴イオン化質量顕微鏡装置全体

関連情報

- 知的財産権 = 質量分析装置および質量分析方法、出願人: 工学院大学、特許第6309381号 など
- 関連論文 = Tetsuo SAKAMOTO et al., Analytical Sciences, 34, pp.1265-1270 (2018).
- 関連 URL = <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwc1045/> (物質計測制御研究室)



超高感度元素イメージングのための2波長一体型波長可変レーザー光源(応用編)

坂本 哲夫 工学院大学先進工学部応用物理学科 教授

キーワード: 分析装置開発、放射性物質、質量分析、イメージング、同位体分析、レーザー共鳴イオン化

共鳴イオン化の原理

質量顕微鏡では図1に示すように、細く絞ったイオンビームを対象物に当て、原子を放出させる。放出された中性原子に対し、その元素特有の励起波長に合わせたレーザー光を照射することで、選択的に励起、イオン化が起こる(図2)。

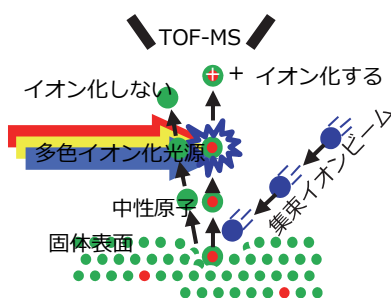


図1. スパッタ中性原子の共鳴イオン化

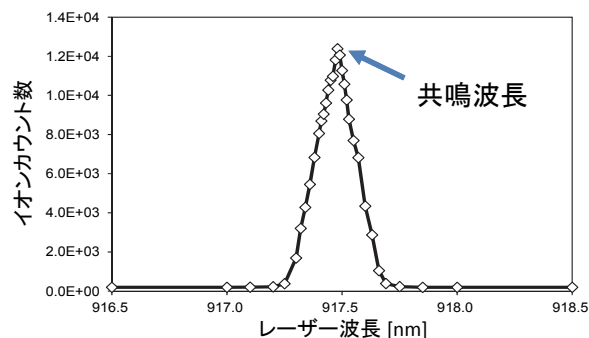


図2. 共鳴イオン化が起こるレーザー波長の例

放射性Csの実環境試料分析例

放射性セシウムを含むと思われる実環境微粒子に本手法を適用した(図3)。従来の手法ではその粒子にセシウムが存在することは判っても、どの場所にどのような形態で存在するのかが判らなかったのに対し、本手法では、133, 137, 135の各Csが粒子の一部分に濃化している様子が世界で初めて可視化できた。また、それぞれの信号強度から同位体比を見積もることも可能である。

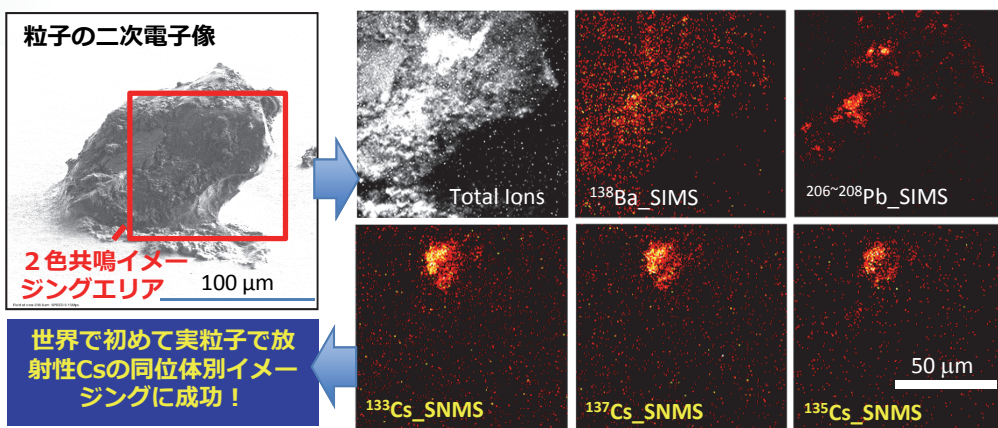


図3. 原発から2~3 kmにて採取した微粒子表面の放射性Csイメージ

難分析核種の検出

放射性セシウムのほかに、ガンマ線を放出しない放射性核種が存在する。例えば、 ^{90}Sr はベータ線を放出するが、 β 線は空気中での飛程が1メートルほどであり、空間線量には余り寄与しないが、内部被ばくの恐れがある。 ^{90}Sr は ^{90}Zr と同重体干渉するため、難分析核種と呼ばれている。今回開発したレーザーにより、図4に示す2波長共鳴イオン化が可能となり、Srだけを選択的にイオン化、検出、イメージングすることに成功した。難分析核種にはベータ核種の他にアルファ核種もあり、同様に検出が可能と考えられることから、これまで実態が不明瞭であった難分析核種の動態解析を進めていく予定である。

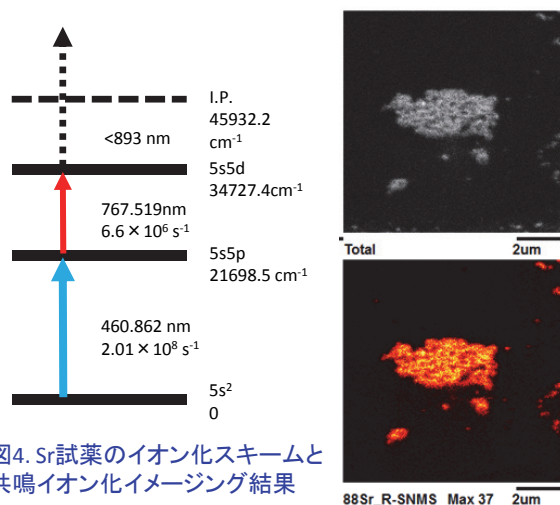


図4. Sr試薬のイオン化スキームと共鳴イオン化イメージング結果

関連情報

- 知的財産権 = 質量分析装置および質量分析方法、出願人: 工学院大学、特許第6309381号 など
- 関連論文 = Tetsuo SAKAMOTO et al., Analytical Sciences, 34, pp.1265-1270 (2018).
- 関連 URL = <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwc1045/> (物質計測制御研究室)

