

波長分散型 PIXE 分析システムの開発

松山成男、石井慶造、寺川貴樹、遠山翔、伊藤駿、笠原和人、佐多大地、関大輝

東北大学大学院工学研究科

1. 目的

福島第一原子力発電所事故により生じた放射性セシウム汚染土壌の除染技術確立においては、セシウムがどのような状態で存在するかを知る必要がある。マイクロ PIXE(Particle Induced X-ray Emission : PIXE)分析法は、高感度での多元素同時分析が可能であり、汚染土壌分析にも応用されている。今後除染方法を確立していく上で、マイクロ PIXE による元素のミクロスコピックな分布だけでなく、土壌中での元素の化学状態を知ることは非常に有益であることが予想される。そこで我々は、高いエネルギー分解能を有する波長分散型(Wavelength Dispersive X-ray Spectrometer : WDX) PIXE システムを開発し、別に報告する大電流マイクロビームラインに設置した。

2. WDX μ PIXE システム

本装置は、検出効率を高めるために Von Hamos 型の分光光学系を採用した。これは、湾曲結晶と位置敏感型 CCD カメラ(PIXIS-XO400B, Princeton Instruments, 1340 \times 400 imaging array, 20 μ m pixels)から構成されている。試料から放出された特性 X 線は、分光結晶により X 線の波長ごとに異なる角度に分散され、CCD カメラにより検出される。分光結晶は、化学状態の表れやすい数 keV の X 線を検出するために、エネルギー分解能や反射強度を指標として 4 種類の結晶、Ge(111)、PET(002)、Mica(002)、TAP(001)を用いる。分光結晶の大きさは、高さ 60mm、幅 25mm、曲率半径 250mm である。本システムでは、0.7keV から 3.0keV のエネルギー範囲の X 線が測定可能である。またマイクロビームと CCD カメラを組み合わせることで、高いエネルギー分解能を保ちながらコンパクト化されている。

3. 性能

エネルギー分解能は、3MeV の陽子マイクロビーム (3 \times 3 μ m², 300p A) を用いて、Si ウエハからの Si- K_{α} 線を用いて評価した。分光結晶はPET(002)を用いた。図測定された CCD 上の二次元イメージと、それを波長分散方向に投影して得られたスペクトルを示す。

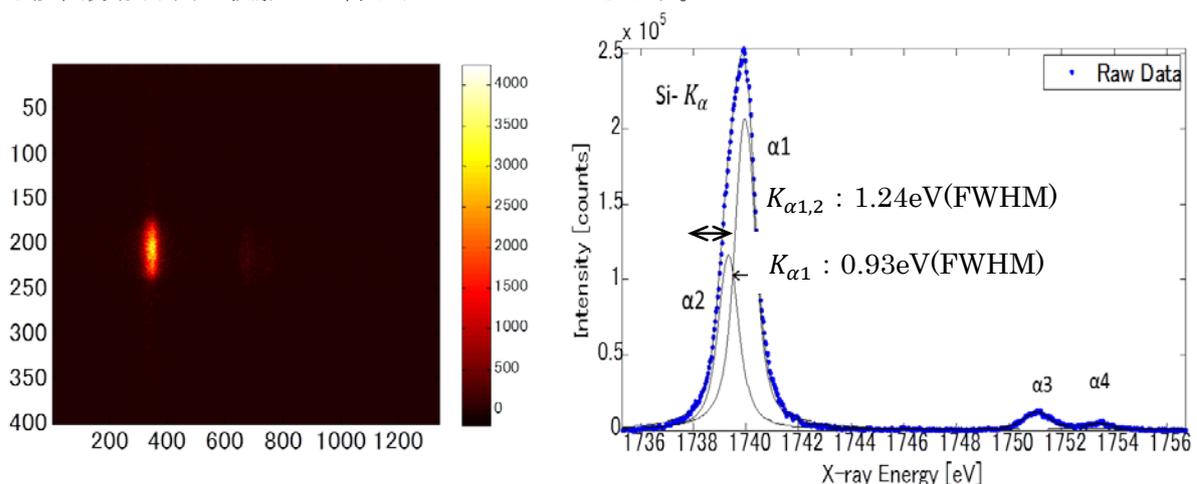


図 CCD 上の二次元強度分布と Si の高エネルギー分解能 X 線スペクトル

最も強度の強いピークは Si- $K_{\alpha 1,2}$ 線によるものであり、半値幅(FWHM: Full Width at Half Maximum)は 1.24eV となった。スペクトルをフィッティングにより $K_{\alpha 1}$ 線と $K_{\alpha 2}$ 線に分離し、エネルギー分解能を評価した。スペクトルの自然幅由来の広がりを考慮すると、エネルギー分解能は 0.67eV となった。

作成者：松山成男