

## 陽子線励起単色 X 線を励起源とした文化財分析用低線量 XRF

Low-Dose XRF Excited by Proton-Induced Monochromatic X-Rays for Cultural Heritage Analysis

\*小栗 慶之<sup>1</sup>, 小林 泰智<sup>1</sup>, 長谷川 純<sup>1</sup>, 福田 一志<sup>1</sup>, 羽倉 尚人<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東工大, <sup>2</sup>東京都市大

金属標的への MeV 陽子線照射により発生した単色 X 線を励起源として模擬文化財試料中のコバルト (Co) の XRF 分析実験を行い, PIXE 法に比べて大幅に低い線量で同程度の検出下限が得られる見通しを得た。

**キーワード:** 文化財分析, 微量元素, 検出下限, XRF, PIXE, 放射線損傷, 吸収線量, 陽子線励起単色 X 線

### 1. 緒言

PIXE による文化財の分析は, 陽子線照射に伴い貴重な試料を損傷するリスクを伴う[1]. そこで, 金属標的に陽子線を照射して発生した準単色 X 線を励起源とする低線量 XRF (Proton-Induced XRF ; PIXRF) 系を試作し, 基本的性能を調べた。

### 2. 実験方法

絵画の分析を想定し, 鉍物系青色顔料を CoCl<sub>2</sub>, 定着材 (膠) をゼラチンで模擬し, Co を 3.6% 含む厚いゼラチン試料を作製した. 東工大先導研に設置した PIXRF 系を図 1 に示す. Co の K 吸収端 (7.7 keV) より僅かにエネルギーの高い K<sub>α</sub>X 線 (8.0 keV) を発生する銅 (Cu) を励起用 X 線源とした. 比較のため 2.5 MeV 陽子線による同じ試料の PIXE 分析も行った. 吸収線量は試料に入射する X 線, 陽子のフルエンスから求めた。

### 3. 実験結果

図 2 に(a)PIXRF と(b)PIXE による X 線スペクトルの測定結果を示す. Co の検出下限 LOD<sub>Co</sub> と試料の吸収線量 D も図中に示す. PIXRF による検出下限が PIXE と同じ 100 ppm になる場合の線量を見積ったところ約 30 Gy となり, PIXE に比べ 10<sup>-4</sup> 程度の低線量となることが分かった。

### 4. 結言

多元素同時分析とは両立し難いが, 貴重な文化財を低線量で分析できる見通しが得られた. 今後は通常の XRF 分析との性能の違いや共存する他の元素の影響等を調べる予定である。

本研究は科研費 (18H00753) の助成を受けたものである。

### 参考文献

[1] T. Calligaro, V. Gonzalez and L. Pichon, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B* **363** (2015) 135.

\*Yoshiyuki Oguri<sup>1</sup>, Taichi Kobayashi<sup>1</sup>, Jun Hasegawa<sup>1</sup>, Hitoshi Fukuda<sup>1</sup> and Naoto Hagura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Tech, <sup>2</sup>Tokyo City University

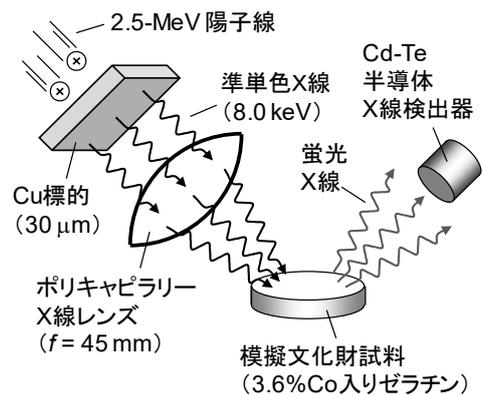


図 1: 東工大先導研の PIXRF のセットアップ

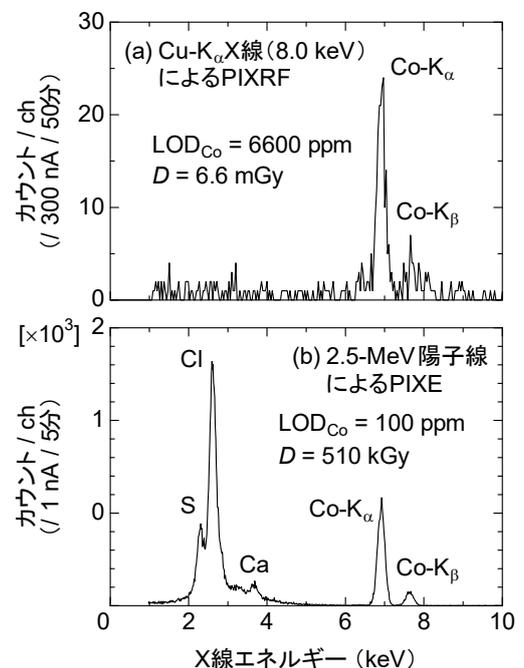


図 2: X 線エネルギースペクトルの測定結果