

モバイル型蛍光X線元素分析装置による文化財資料の調査

はじめに

近年、出土遺物の材質に関する調査結果が報告書に記載されることは少なくない。一般に材質調査に用いられる装置としてエネルギー分散型蛍光X線分析装置を挙げることができる。出土遺物を分析する際には遺物は遺跡から研究室まで運ばれ分析されることが多い。そのため遺跡から動かせないものについては、非破壊で分析することは困難であった。このたび新たに導入したモバイル型蛍光X線元素分析装置（OURSTEX社製100FS）は、遺物のあるところまで装置を持ち込み、その場で非破壊分析調査をおこなえる装置である。本報ではこの装置の特徴と実際におこなった分析例を紹介する。

装置概要

半導体検出器（SSD: SolidStateDetector）の進歩により卓上サイズの蛍光X線分析装置が10年ほど前から普及している。しかしSSDには大型のデュワーに液体窒素を充填する必要があるため、持ち運びには液体窒素の補給など難点があった。本装置はペルチェ冷却式シリコンドリフト検出器（SDD: SiliconDriftDetector）を使用している。このSDDは、ペルチェ式の電子冷却で十分な分解能をもつことから液体窒素が不要で、また高感度であるため低電流の小型X線管と組み合わせることにより従来よりも小型の分析装置を製作できる。本装置は、文化財資料に対応させるため、さらにいくつかの改良をおこなっている。

装置は、X線管を含むヘッド部（133×137×273mm、3.5

kg）と高圧電源部（300×350×177mm、11.5kg）、コントローラ部（300×350×147mm、約8.5kg）で構成され、さらに海外で使用する際の変圧器や軽元素を分析対象とする際に使用する真空ポンプなどを装備している。ヘッド部分は任意の方向に設置可能で、付属スタンドでの卓上使用や三脚を用いた設置が可能である。改良点としては、複雑な形状の資料を扱うことが多いため、分析資料に最も接近するヘッド先端部の角をできるだけとることにより、平滑ではない資料に対しても対応しやすい構造にした点、また図73に示すようにヘッド先端部から5mmの距離に資料を固定し非接触で測定するため、測定位置を明確にするためのレーザーポインターを取り付けた点などが挙げられる。また励起光源としては、二つの単色X線Pd - $L\alpha$ （2.838keV）、Pd - $K\alpha$ （21.121keV）および連続X線の3励起源を用いることができ、線源を変えることにより、軽元素から重元素までを効率よく測定できる。本報告での分析条件は、管電圧45kV、管電流0.5mA、測定時間100秒または300秒である。

調査実例

本装置を用いた分析調査の実例として、中国新疆ウイグル自治区クチャ県にあるクムトラ千佛洞の壁画顔料および壁体の分析調査、中国遼寧省文物考古研究所にておこなった金属製遺物の分析調査、鳥取県青谷上寺地遺跡出土木製品の顔料調査について報告する。また本紀要に記載されている鳥取県国府町史跡梶山古墳の顔料調査も、本装置を用いておこなわれている。

中国新疆ウイグル自治区クムトラ千佛洞壁画顔料・壁体クムトラ千佛洞では、5世紀から11世紀にかけて描かれ



図73 レーザーポインターによる分析箇所の確認

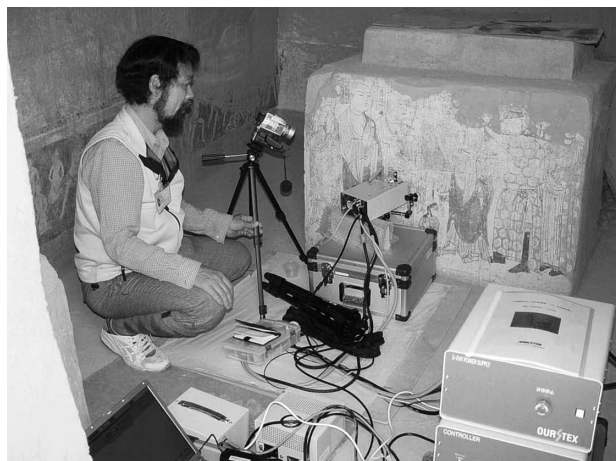


図74 中国新疆ウイグル自治区クムトラ千佛洞79窟壁画

た壁画が洞窟内に残されている。今回は45窟および79窟の壁画顔料・壁体の分析調査をおこなった。壁体表面の白下地からは、カルシウムと硫黄が検出されたことから石膏が使用されたと考えられるものの、二次的に漆喰が変質した可能性も検討する必要がある。鉛を検出した部分では、鉛白や鉛丹の使用が考えられるが、多くは黒色に変色している。マンガンを多く検出する黒色部分も確認できた。赤色部分からは鉄を検出したので、赤鉄鉄を主成分とする赤色顔料の使用が示唆される。今回の分析では水銀は検出限界以下であった。緑色部分では銅を検出したが、青色部分からは鉛、鉄、砒素といった元素が検出され、今後の詳細なスペクトル解析が求められる。遼寧省文物考古研究所の金属製遺物 前燕時代の有力者の墓地といわれている遺跡から出土した金属製遺物の材質調査、晋代の墓(3世紀末～4世紀前半)出土の金製品に関する調査をおこなった。出土金属製遺物の分析調査では、全資料から主成分として銅が検出され、また金を検

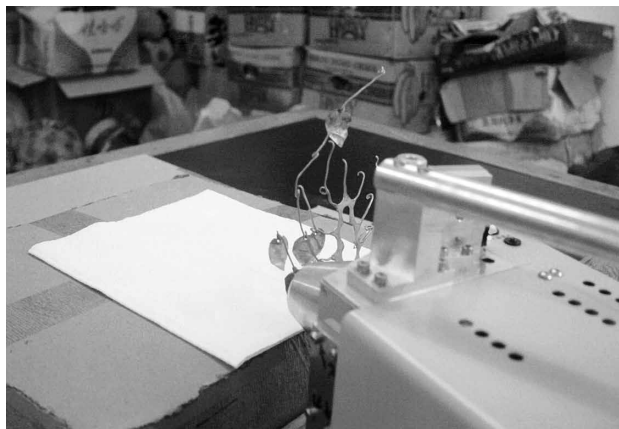


図75 遼寧省文物考古研究所 金歩揺飾の分析調査



図76 鳥取県青谷上寺地遺跡出土漆塗り高環の顔料分析

出した資料も多数あり鍍金が確認された。表面分析ではあるが、鍍金が剥落した黒緑色を呈する部分の測定から、地金はほぼ銅のみ、或いは銅に若干の鉛が含有されているものが殆どであり、錫の含有が確認された資料は数点であることがわかった。次に、標準試料を用いて検量線を作成し、晋墓出土金製品の金・銀及び銅組成の算出を試みた。測定装置の特性上ターゲットであるパラジウムと銀のピークが近接しているために積分強度の誤差が通常よりも大きいと考えられること、及び遺物の形状が一樣ではないことなどを考え合わせると定量値に関する詳細な議論は難しいが、相対的な検討をおこなうに値するデータを得ることができた。

鳥取県青谷上寺地遺跡出土遺物 出土木製品の顔料調査をおこなった。これらの遺物は、処理前のため濡れている状態のものや、処理後の遺物であっても脆弱であり移動させることができないものであり、また非破壊での分析が条件であったため、本装置を用いて現地にて分析調査をおこなった。顔料分析では、多数の資料の赤色部分から水銀が検出され、同時に硫黄も検出された。また水銀が検出されなかった赤色部分および黒色部分からは、木質部分から検出された鉄に比べて明らかに多量の鉄が検出されるなど、出土木製品の顔料を推定するためのデータが得られた。

以上実例を挙げて紹介してきたが、海外や屋外での調査など、いままで容易に分析調査をおこなえなかったものに対し、本装置を用いることにより非破壊分析調査が可能となった。今後もさらに活用の場を広げていきたいと考えている。(高妻洋成・降幡順子・肥塚隆保)

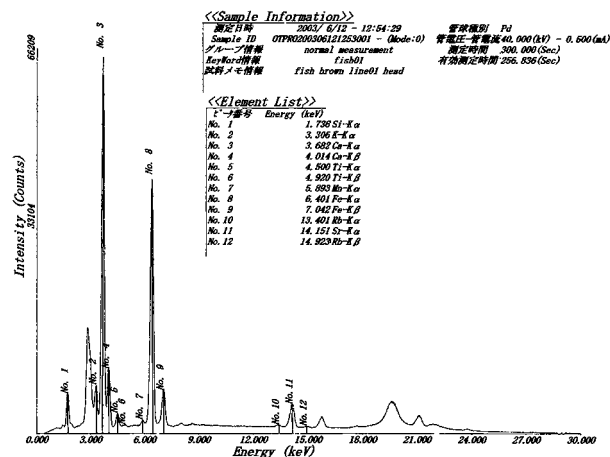


図77 分析チャートの一例