

イメージングプレートを用いた文化財資料の材質同定

1 はじめに

イメージングプレート (IP: Imaging Plate) はX線フィルムに比べてダイナミックレンジが大きく、またきわめて高感度であるため、小線量でかつ短時間で透過撮影を可能とするものである。そのため、微焦点X線管を用いて微小な遺物の拡大投影をおこなうことができる。また、イメージングプレートに記録されたデータは、スキャナーによるレーザー照射励起、輝尽発光、光電管検出、およびA/D変換の一連の作業を経て、デジタルデータとし

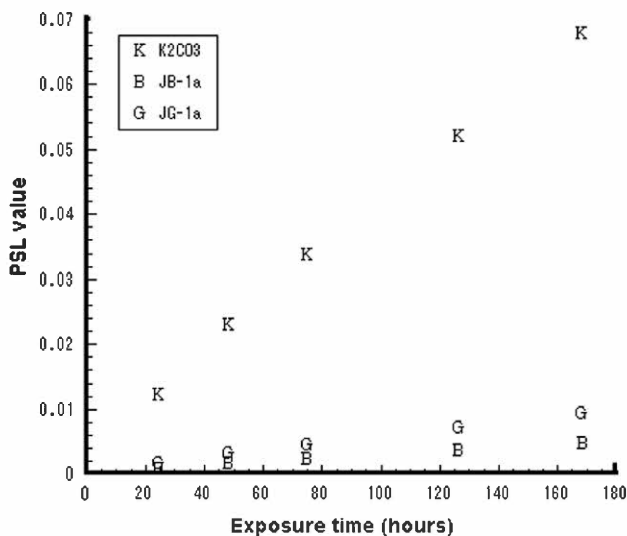


図78 標準試料を暴露したときの、暴露時間とPSL (pixel²)値の変化

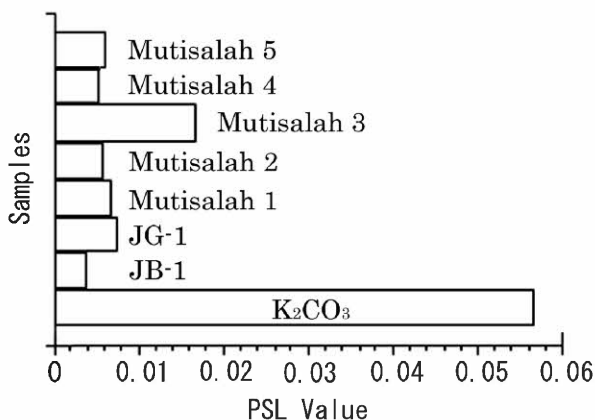


図79 暴露実験によって得られたPSL値

て画像構築される。そのため、各種の画像処理を容易におこなうことができる。さらに、極めて微弱な放射線を検出することができることから、遺物自身から放射される放射線も検出できる。本報では、このイメージングプレート の特性を利用して文化財資料の材質を非破壊で判定する方法についておこなった実験と 調査例について紹介することにする。

2 実験および測定の方法

IPは二次元放射線検出器としては極めて高い感受性を有すると言われている。一般的に、ケイ酸塩を主体とする遺物にはウラン、トリウム、カリウム40に由来する自然放射能が含まれている。ここではK₂CO₃、JG-1a、JB-1aの各標準試料を用いてIP上に暴露し、時間の経過 (蓄積線量) とそれぞれのPSL値を測定した。

また、アルカリケイ酸塩ガラスの材質判別が可能かどうかを探るため、ソーダ石灰ガラス、カリガラス、岩石標準試料JG-1およびJB-1をIP上に載せて暴露し、鉛箱中で静置した後、そのPSL値を測定した。

これらの予備実験の後、実際に茶褐色のムチサラ玉 (酸化アルミニウム含有量の多いソーダ石灰ガラス) と青紺色のカリガラス (大きい玉) をIP上に暴露し、IP法により区別が可能であるかを検証した。また、壁画断片に対しても同様の実験をおこなった。

実験に用いた装置は、マイクロフォーカスX線拡大撮像システム (μFX-1000)、イメージングアナライザー (BAS-5000)、暴露用鉛-銅製ボックスおよび演算・出力装置などである。

3 結果と考察

図78に暴露時間 (蓄積線量) とそれぞれのPSL値を測定した結果を示す。短時間の暴露でもそれぞれの試料の識別が可能で、より長時間の暴露でその差が明瞭に示されていた。また、いずれの試料でも時間の経過に対するPSL値は良好な直線性が得られていた。

アルカリケイ酸塩ガラスの材質判別は、CR法では不可能であった。カリガラスには15%前後のK₂Oが含有されている点に注目すると、カリガラスからは他の種類のアルカリケイ酸塩ガラスより強い放射線が出ていることが予想されるため、イメージングプレートを用いた方法

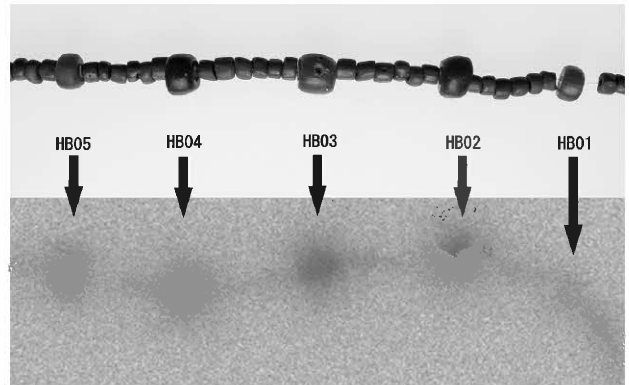
がアルカリケイ酸塩ガラスの識別法として有効であることが期待できる。材質既知のガラスと標準試料をIPに暴露して、PSL値を測定したところ、ソーダ石灰ガラスはJB-1より大きなPSL値を示し、JG-1よりやや小さな値を示すことが明らかになった。一方、カリガラスは大きなPSL値を示し、同時に暴露したJG-1に比べてほぼ2倍の値を示しており、多量のガラス遺物を同時に暴露して、標準試料と比較することにより、得られた画像の濃淡を単に比較するだけでも識別可能であることが明らかとなった。

4 遺物の調査例

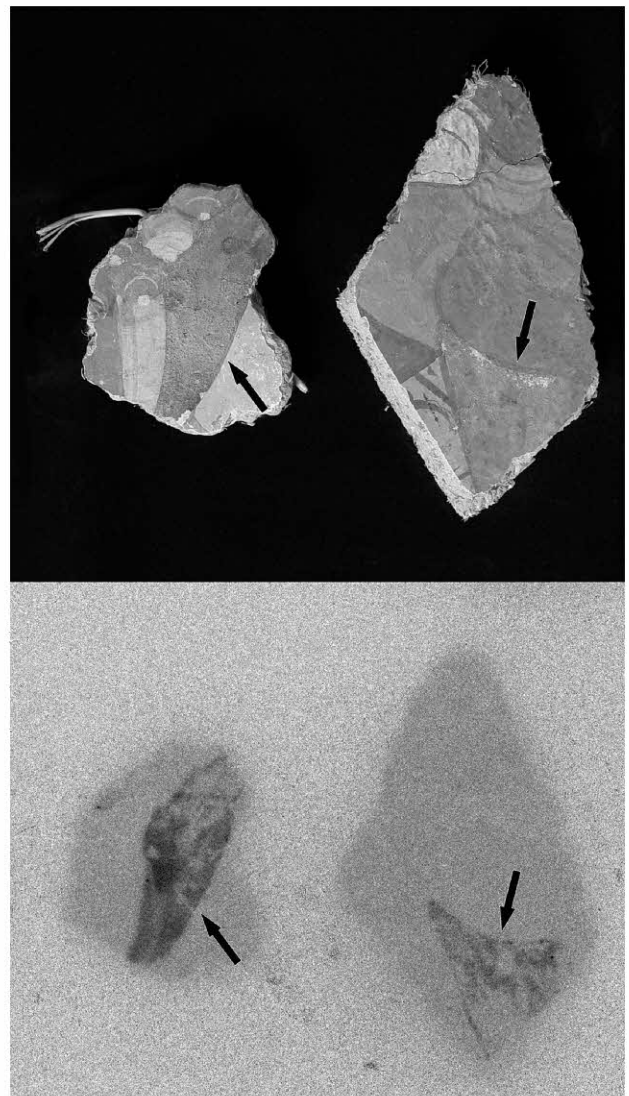
図B0は、茶褐色のムチサラ玉(酸化アルミニウム含有量の多いソーダ石灰ガラス)と青紺色のカリガラス(大きい玉)をIP上に接触するようにして5日間暴露したものである。蓄積線量の大きい部分は黒く写っている。バックグラウンドはかなり高くなっているが、ガラス玉の部分とは明らかに異なり、遺物自身のもつ自然放射能に由来することは明らかである。ソーダ石灰ガラス($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ system, $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ system)に比べて、カリガラス($\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ system)の方の放射線量が大きいのは、主成分である酸化カリウム中に含有される ^{40}K にもとづくものと考えられる。

図B1は壁画断片で、漆喰層(CaCO_3 : Calcite)の上に辰砂(HgS)、赤鉄鉱(Fe_2O_3)、孔雀石($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)、鶏冠石(As_2S_3)などにより彩色が施されているものである。IP上に壁画断片の彩色層が密着するように設置して64時間暴露したところ、下部に極めて自然放射線量の大きい部分が検出された。顕微鏡下で観察したところ、その部分は他の部分に比べて顔料の粒子は粗く、濃い青色で透明感を呈し、鋭利な角を有する粒子であった。この部分の粒子(約 $30\mu\text{m}$)を蛍光X線分析で測定したところ、ケイ素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ヒ素(As)などが検出された。以上のことから、カリ石灰ガラスに、微量のコバルトを添加して青紺色に着色されたスマルト顔料であると推定される。前述のカリガラスと同じように、黒く写っている部分は、主成分であるカリウム成分が関与して、自然放射線量の蓄積エネルギーが大きくなったと考えられる。

(肥塚隆保・高妻洋成)



図B0 ガラス小玉から放射される自然放射能による画像



図B1 壁画の顔料層からの自然放射能によってIPに放射線エネルギーが蓄積された濃度分布を示す。(黒い部分は放射線量が大きいことを示す。)