

XAFS によるエジプト古代ガラスの発色技術の解明

XAFS investigations of coloring techniques used in ancient glass from Egypt

阿部 善也¹, 中村 彩奈¹, 菊川 匡^{1,2}, 中井 泉¹

1 東理大理, 2 古代エジプト美術館

【序】著者らは放射光 XAFS の考古化学応用を 20 数年前に初めて以来、様々な資料への応用を試みている。2011 年度は古代ガラスの①黄色着色剤および②赤色着色剤に関する研究を行った。合成黄色顔料であるアンチモン酸鉛 $Pb_2Sb_2O_7$ は、古代ガラス生産の最初期(前 16 C)から着色剤として利用されており、特にその利用最盛期となったエジプト新王国時代第 18 王朝(前 15~13 C)の黄色ガラスには、Pb 原料由来の不純物として顕著な量の Zn が含まれる。一方、ガラスの銅赤着色技術もまたガラス生産の最初期から使われ続けているが、その発色要因として金属 Cu ナノ粒子によるミー散乱と、 Cu_2O 微結晶の析出の 2 種類が存在する。本研究では黄色ガラス中の Zn と赤色ガラス中の Cu について、K-edge XAFS による化学状態の解明を行った。

【実験】BL-12C では Si(111)二結晶モノクロメータにより X 線を単色化した後、スリットにより約 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ に成形し、Lytle 型検出器を用いた蛍光法により測定した。BL-4A では Si(111)二結晶モノクロメータにより単色化した X 線を K-B ミラーにより $5.0 \times 6.5 \text{ }\mu\text{m}^2$ に集光し、 μ -XRF イメージングおよび μ -XANES 測定を行った。エネルギー較正には Cu foil を用いた。測定資料はいずれも古代エジプト美術館の所蔵資料であり、いずれも非破壊で測定した。

【結果】①エジプト新王国時代第 18 王朝の黄色ガラスおよびファイアンス製品について行った μ -XRF イメージングにより、顔料粒子部分に Zn が濃集していることがわかった。そこでこの顔料部分について Zn K-edge の μ -XANES 測定を行った結果、Zn が $Pb_2Sb_2O_7$ の Sb サイトに固溶した $Pb_2(Sb_{2-x}Zn_x)O_{7-3/2x}$ として存在していることがわかった。②新王国時代(前 15 C~)からローマ期(~後 1 C)までのエジプトの銅赤ガラスの Cu K-edge XAFS 測定により、Cu 含有量が少ない資料では金属 Cu が発色に関与しているのに対し、Cu 定量値が 10 wt%を超える資料においては Cu が Cu_2O として存在している可能性が示された。そこで Cu_2O が含まれている可能性がある 1 点について、黄色ガラスと同様に μ -XRF イメージングおよび μ -XANES 測定を行った結果、Cu が数 10 μm オーダーに濃集してガラス全体に散在していること、さらにこの Cu 濃集部位は Cu_2O であることが明らかとなった。