

EDX-8100 による宝石の分析

— 天然石／合成石の判別、天然石の産地判別 —

宝石を鑑別するためには、実体顕微鏡などの一般宝石鑑別機器だけでなく、様々な分析装置が用いられています¹⁾。

例えば、フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) は、加熱処理や樹脂含浸処理が行われたかどうか、紫外可視近赤外分光光度計 (UV-VIS) では、着色処理の有無などを確認します。

またエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDXRF) も組成分析を迅速かつ非破壊で行える必要不可欠な装置です。例えば、鉛ガラス含浸処理では鉛が明らかに検出されます。

ここでは、EDX-8100 を用いて一般的によく見かけ、多くの人達に大変好まれているルビー、エメラルド、パライバトルマリンの組成分析を行い、天然石／合成石の判別、天然石の産地判別に有効な結果が得られました。

T. Nakao, H. Nakamura

■ 試料

以下に示す宝石 (天然石、合成石) および原石を用いました。



図1 各種の宝石と原石

■ 元素

¹¹Na-⁹²U

■ 試料前処理

試料は X 線が直接照射されるよう設置し、測定しました。

■ ルビー

1. 測定結果

天然石 (タンザニア産) と合成石の定性定量分析結果を図 2 に示します。

2. 天然石と合成石の違い

合成石では微量のガリウムは検出されませんでした。また天然石 (タンザニア産) と比べ、クロムが多く含まれました。一例として、天然石／合成石はこのような違いから判別されますが、合成石では触媒起源の元素が検出される場合もあります。

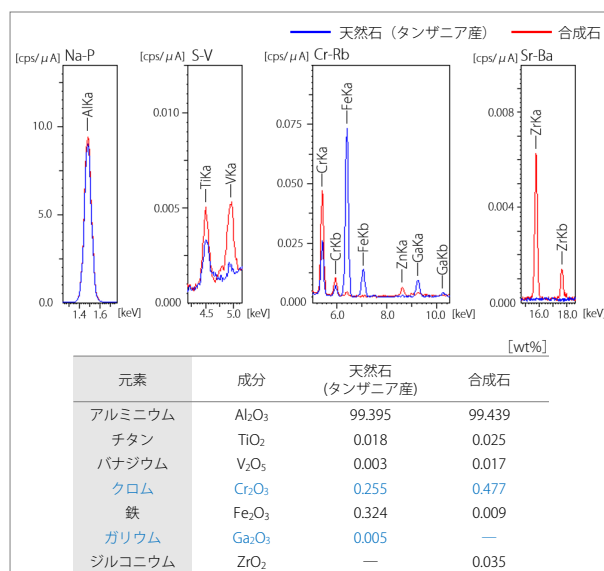


図2 ルビーの定性定量分析結果

■ エメラルド

1. 測定結果

天然石 2 種 (コロンビア産、ザンビア産) と、合成石の定性定量分析結果を図 3 に示します。

2. 天然石の産地判別、合成石との判別

クロム、鉄、バナジウムがエメラルドを発色させる元素で、その色相はそれぞれの元素の含有量で変わります。図 3 の結果では、ザンビア産はコロンビア産と比べ、クロム、鉄の含有量が高く、バナジウムは低いことがわかります。またザンビア産には、ナトリウム、マグネシウム、カリウムなどが比較的多く含まれ、微量のルビジウム、セシウムも検出されることでコロンビア産と識別できる指標の一つとなります。エメラルドの価値は、透明度、色相、色の濃さなどで決まりますが、産地も価値を決める要因となっています。産地別の特徴としては、鮮やかな緑色を示すコロンビア産、透明度の高いザンビア産と言われており、一般的にはコロンビア産の価値が高いとされます。濃い緑色のザンビア産はコロンビア産と区別が付きにくく、産地判別の手段として元素分析が使用されます。また、合成石は触媒起源と推定されるロジウムが検出され、ナトリウム、マグネシウムなどが検出されないことから判別されます。

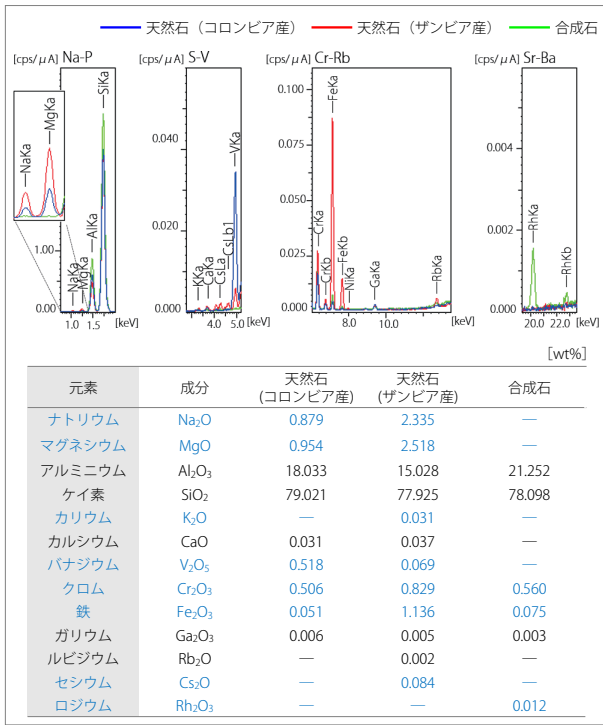


図3 エメラルドの定性定量分析結果

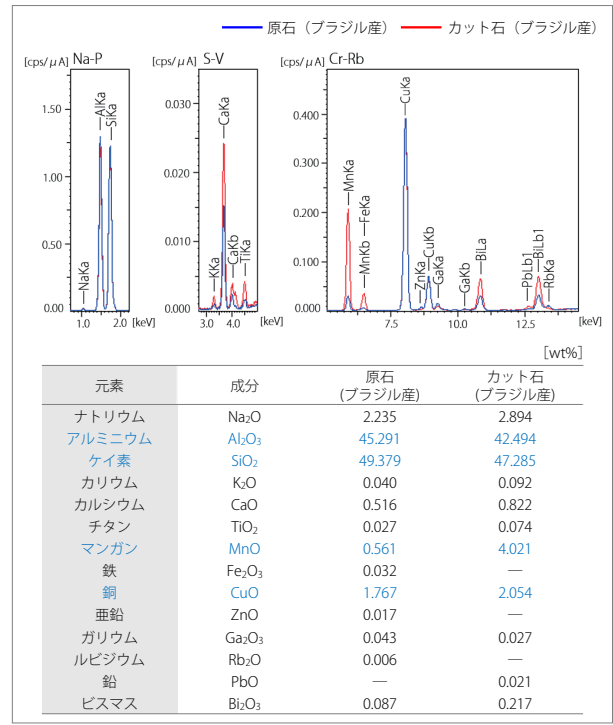


図4 パライバトルマリンの定性定量分析結果

■ パライバトルマリ

1. 測定結果

原石とカット石（ブラジル産）の定性定量分析結果を図4に示します。

2. 産地

図4の結果より、アルミニウムとケイ素の酸化物が主成分で、マンガンと銅が含有されていることから、どちらも天然のパライバトルマリであることがわかります。産地はブラジル、ナイジェリア、モザンビークの3箇所がありますが、銅が0.6%以上であることからブラジル産と推定されています。精密な判別にはLA-ICP-MSも用いられています²⁾。

3. 色相

図4の結果より、マンガンは原石0.5%に対してカット石は4%と高くなっています。一般的にマンガンの量が高くなると石の色相は緑が強くなりますが、肉眼では共に同じ色相（ネオンブルー）となっています（図5）。そこで3D測定レーザー顕微鏡（OLS5000）による観察を行った結果（図6）、内部に緑色の部分があり、これがマンガンの高含有となった要因と考えられます。

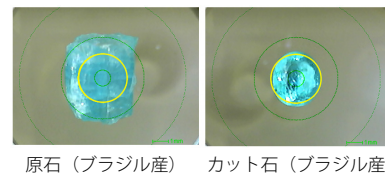


図5 EDX 試料観察画像 (○: X線照射範囲3mmφ)

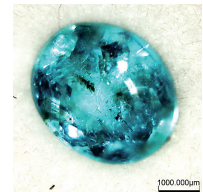


図6 カット石の観察画像 (OLS5000)

■ 結論

以上の結果から、天然石／合成石の判別、天然石の産地判別が元素の種類、含有量の違い、微量検出によりおおよそ推測できることがわかりました。EDXによる測定だけでなく、他の分析装置（FT-IRやUV-VISなど）と共に鑑別することで、その精度は高まることが期待されます³⁾。

<参考文献>

- 1) アヒマディ博士の宝石学
(著者: Ahmadjam Abduriyim, 発行所: 株式会社 アーク出版)
- 2) "PARAIBA"-TYPE COPPER-BEARING TOURMALINE FROM BRAZIL, NIGERIA, AND MOZAMBIQUE: CHEMICAL FINGERPRINTING BY LA-ICP-MS
(Ahmadjan Abduriyim, Hiroshi Kitawaki, Masashi Furuya, and Dietmar Schwarz)
- 3) APPLICATIONS OF LASER ABLATION-INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-MASS SPECTROMETRY (LA-ICP-MS) TO GEMOLOGY
(Ahmadjan Abduriyim, Hiroshi Kitawaki)

謝辞

Tokyo Gem Science 社の代表であり、GSTV 宝石学研究所の所長である阿依アヒマディ博士 (Dr. Ahmadjan Abduriyim) 様に宝石学および宝石鑑定について様々な助言をいただきました。ご協力に深く謝意を表します。

装置	: EDX-8100 (EDX-8000)
元素	: Na-U
分析グループ	: 定性定量
検出器	: SDD
X線管球	: Rh ターゲット
管電圧	: 15 [kV] (Na-V), 50 [kV] (Cr-U)
管電流	: Auto [μA]
コリメータ	: 3 [mmφ]
1次フィルタ、チャンネル	: Non[Na-P], #1[Sr-Ba], #2[S-V], #4[Cr-Rb]
雰囲気	: 真空
積分時間	: 50[秒]×4Ch
デッドタイム	: 最大 30 [%]