

アフガニスタン産テネブレッセンスを示す新種のオレンジ色のソーダライト

Tokyo Gem Science LLC & GSTV 宝石学研究所

阿依 アヒマディ

ソーダライトは複雑なテクトケイ酸塩であり ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$)、半透明から不透明の青色から深い青色の装飾用材料として古くから知られ、宝石としてもビーズやカボションカットや稀にファセットカットにして数千年前から使われてきました。ソーダライトの変種であるハックマナイトは、紫外線にさらされると白灰色～灰色から飽和した濃い紫色～青色に変化する大変興味深い希少石として宝石愛好家に好まれています。



人類最古の宝石ーラピスラズリは古くからアフガニスタンの Badakhshan 県の Sar-e-Sang 鉱山から採掘されてきました。スカルン中に産出します。

ウイグルのクチャ地域にあるキジル千仏洞に見られるラピスラズリを原料とした青色顔料で書かれた壁画。

ハックマナイトの特殊な光学現象テネブレッセンス(Tenebrescence)は、長波紫外線と短波紫外線を与えると、化学成分として含まれている塩素(Cl-)と置換し少量含まれている硫黄成分 (S²⁻)が紫外線を吸収し、灰色の地色に変色することと、熱や強い日光によって再び元の色に戻る現象であります(Tunzi and Pear 2008, Blumentritt and Fritsch 2021)。産出地としてアフガニスタン、パキスタン、ミャンマー、カナダ、ロシア、ブラジルなどがあります。



方ソーダ石の変種である灰白色のハックマナイトは、紫外線下でさらされると顕著な濃厚な赤紫色に変化します。熱を与えたり、強い日光でさらされたりすると元の色に戻る (テネブレッセンス) 光効果を示します。

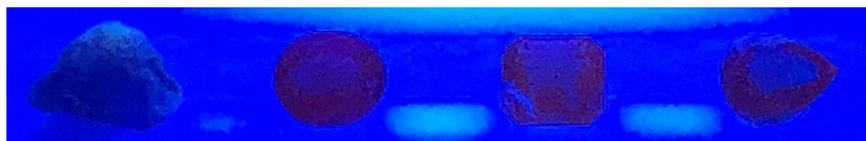
最近、色石のベテラン古屋聡さんから、アフガニスタンとパキスタン国境付近からハックマナイトと同様にテネブレッセンスを示すオレンジ色のソーダライトが発見されたと報告を受け、ファセットカットされた高品質、高彩度で透明度の高いオレンジ色～レディッシュ・オレンジ・ソーダライト (Reddish Orange) を見せていただきました。その試料に長波紫外線のLED ライト (365nm) を照らすと、なんと赤みがかったオレンジ色に変化し、非常に驚きました。硬度が低いため、原石が割れている状態で、明瞭な結晶形が観察できませんが、同様にオレンジ色の色相を示し、長波紫外線下 (365nm) で赤みがかったオレンジ色、短波紫外線下 (254nm) では黄色みがかった白濁色の蛍光を示しました。紫外線を中断すると、安定したオレンジ色から活性化後に、不安定な赤味がかったオレンジ色に変化し、退色テストを行った後に元の色に戻るフォトクロミズム (テネブレッセンス) の挙動が確認されました。ソーダライト鉱物の変種であるハックマナイトと同じく、興味深いことには、可逆的に変化する特徴を持つ新しいオレンジ色のソーダライトであることが判明しました。



テネブレッセンス効果を示すアフガニスタンで新しく発見されたオレンジ色のソーダライト



紫外線を照射し、中断後に赤みがかったオレンジ色に変色します。

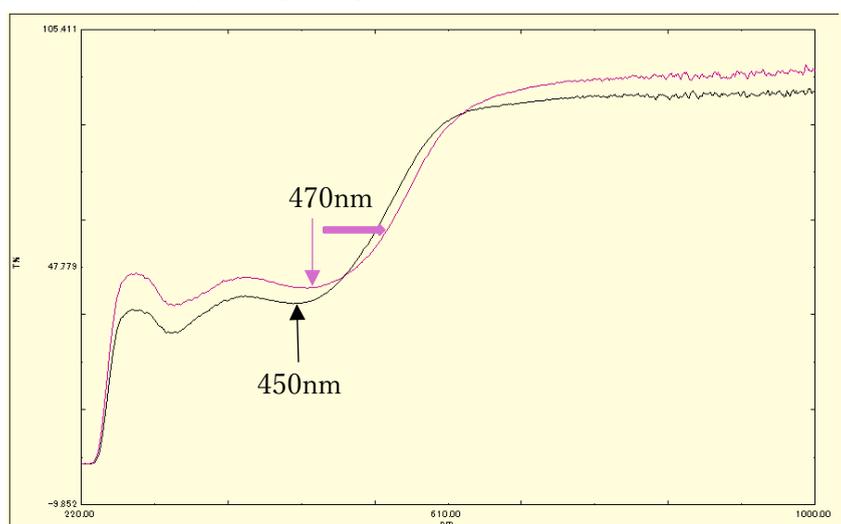


長波紫外線下 (365nm) では、赤～オレンジ色の蛍光を示します。



短波紫外線下 (254nm) では、黄色みがかった白濁色の蛍光を示します。

EDXRF による化学組成分析では、主元素である珪素($\text{SiO}_2=33.2\sim38.4\text{wt}\%$)、アルミニウム($\text{Al}_2\text{O}_3=29.6\sim31.0\text{wt}\%$)、ナトリウム($\text{Na}_2\text{O}=21.9\sim29.1\text{wt}\%$)、塩素($\text{Cl}=6.2\sim7.9\text{wt}\%$)が検出されました。硫黄($\text{SO}_3=1.1\text{wt}\%$)は原石だけに検出され、ファセットカット石には硫黄元素が検出されず、代わりに塩素と同じ非金属ハロゲン元素である臭素元素($\text{Br}=0.007\text{wt}\%$)が微量に検出されました。LA-ICP-MS による微量元素測定では、上述した元素以外に、金属元素(Mg, K, Ca, Sr, Cs)、遷移金属元素(Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Zr, Pd)と Ge, と重元素(La, Nd, Tl)などが検出されました。紫外—可視—近赤外線領域における分光分析では、昼光下では青色領域の 450nm と紫外領域の 315nm に中心とした大きな吸収バンドが現れ、長時間紫外線を照射した後に 450nm の吸収バンドが 470~500nm にシフトし、強くなる傾向があり、石に赤味が加えられます。



紫外—可視—近赤外線領域での分光分析では、紫外線照射後に 450nm での吸収バンドが 470nm にシフトします。

最新の研究では(Krzemnicki and Rochd, 2024)、今回初めて出会ったテネブレッセンスを示す新種のオレンジ色のソーダライトは、アフガニスタンで古くからラピスラズリ鉱山で有名な Sar-e-Sang (Badakhshan 県)の近くの Kokcha 渓谷で採掘されたという報告があります。このような紫外線の照射によって色が変わる特性を持つ高品質なオレンジ色のソーダライトは新種であり、宝石市場に新たな興味深い宝石として迎えられると思います。

参考文献：

- Tunzi, J. & Pearson, G. 2008. Hackmanite, Tugtupite and Afghanite- Tenebrescence and fluorescence of some sodalite related minerals. *Australian Gemmologist*, 23(8), 349-355.
- Blumentritt, F. & Fritsch, E. 2021. Photochromism and photochromic gems: A review and some new data (part 1). *Journal of Gemmology*, 37(8), 780-800.
- Krzemnicki, M. & Rochd, C. 2024. Orange Sodalite from Badakhshan, Afghanistan. *Journal of Gemmology*, 39(1), 20-22.