

マダガスカル産天然サファイア中のウルトラナノインクルージョン

Ultra nano inclusion in blue sapphire from Diego, Madagascar

*三宅 亮¹、乙 星華¹、伊神 洋平¹、江森 健太郎²

*Akira MIYAKE¹, Seika Oto¹, Yohei Igami¹, Kentaro Emori²

1. 京都大学、2. 中央宝石研究所

1. Kyoto University, 2. CGL

【はじめに】サファイアという宝石名で一般的に広く知られているコランダム (Al_2O_3 , Crn) には、しばしば針状のルチル (TiO_2) がインクルージョンとして含まれる。しかし、マダガスカル産の天然サファイア中では、ルチルとは異なるナノインクルージョンが発見されている (Shen et al., 2012; 江森ほか, 2018)。Shen et al. (2012)は、イラカカ産非加熱サファイア中のBe, Ti, Nb, Taを微量に含む雲状に濁った箇所からナノインクルージョンを観察し、長さ20~40 nm、幅5~10 nmで、 α - PbO_2 構造をもつTi-richな単一相 (スリランカイト) であると報告した。江森ほか(2018)も、Be, Ti, Nb, Taを微量に含むディエゴ産天然サファイア中にTi, Nb, Taを含む長さ40 nm、幅10 nm程度のナノインクルージョンを発見し、組成がBe: Ti: Nb: Ta = 3: 16: 1: 4の未知の鉱物である可能性があった。昨年2023年の鉱物科学会において、江森ほか(2018)で報告したナノインクルージョンは、 α - PbO_2 構造を持つ「スリランカイト」であったことを報告した。さらに10nm以下のさらに小さいウルトラナノインクルージョンが存在することもあわせて報告したが、この相については未決定であった。本発表では、この相についての報告を行う。

【試料と手法】本研究では、昨年の発表と同じ江森ほか(2018)で使用した天然Beを含有するマダガスカル・ディエゴ産非加熱ブルーサファイア原石サンプルを用いた。このサンプルは、江森ほか(2018)の分析により、LA-ICP-MSを用いて分析が行われており、Beが一番高濃度であった付近で、FEI (Thermo Fisher scientific) 社Helios G3 CXを用いてFIB加工を行いコランダム(Crn)の[001]方向からの試料を作製し、JEOL JEM-2100Fを用いてTEM観察を行った。

【結果と考察】4D-STEM (Diffraction Mapping)の結果、10nm以下のウルトラナノインクルージョンからは、コランダムおよびスリランカイトとは異なる反射がえられた。このウルトラナノインクルージョンのSTEM-EDS分析では組成の情報は得られなかった。一方で、昨年報告したアトムプローブを用いた分析の結果、ナノインクルージョン中にTi, Fe, Nb, Taが含まれていることがわかった。このアトムプローブで分析したナノインクルージョンの大きさが10nm以下であることから、TEMで回折図形が得られたウルトラナノインクルージョンが同じであるとして、以下に考察を行う。電子回折図形を指数付けした結果、このウルトラナノインクルージョンはWolframite 構造 ($P2_1/c$) と呼ばれる ABO_4 酸化物構造として説明がつくことがわかった。つまり(Ti, Fe, Nb, Ta) $_2\text{O}_4$ 組成の酸化物によりなると考えられる。Wolframite 構造は α - PbO_2 構造を基本構造としつつ、陽イオンの位置にA, Bが秩序配列した構造である。このウルトラナノインクルージョンと母相であるコランダムの間には $\{010\}_{\text{inclusion}} \parallel \{10\cdot10\}_{\text{Crn}}$ 、 $\{100\}_{\text{inclusion}} \parallel \{0001\}_{\text{Crn}}$ 、 $\{001\}_{\text{inclusion}} \parallel \{1\cdot210\}_{\text{Crn}}$ という、昨年報告した「スリランカイト」とコランダムとで得られた方位関係と同じ方位関係が得られた。またスリランカイト同様に3連双晶も確認された。ウルトラナノインクルージョン相と母相がトポタキシャルな関係であり、ウルトラナノインクルージョンがコランダムから析出してできたことを示唆する。

Shen A. & Wirth R., (2012). *Gems & Gemology*, 48(2), 150-151 江森健太郎, 北脇裕士, 三宅亮 (2018) GCL通信, 45号, 1-8

キーワード：ウルトラナノインクルージョン、コランダム

Keywords: Ultra-nano inclusion, corundum)