

ヒューマイト族鉱物のモジュール構造に関する高分解能電子顕微鏡及び単結晶 X 線回折写真による研究

HRTEM and single crystal X-ray diffraction study of modular structure of humite group

上田 智子[1], 小松 一生[1], 栗林 貴弘[2], 長瀬 敏郎[3], 工藤 康弘[1]

satoko ueda[1], Kazuki Komatsu[2], Takahiro Kuribayashi[1], Toshiro Nagase[3], Yasuhiro Kudoh[2]

[1] 東北大・理, [2] 東北大・院・理, [3] 東北大・総学博

[1] Tohoku Univ., [2] Tohoku Univ, [3] Tohoku Univ. Muse.

1. はじめに

Humite group ($n\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{Mg}(\text{OH}, \text{F})_2$, $n=1$:norbergite, $n=2$:chondrodite, $n=3$:humite, $n=4$:clinohumite) の構造は olivine layer と呼ばれる構造ブロックと brucite layer と呼ばれる構造ブロックの (001) での周期的な積層によって説明されている。この polysomatic series としての性質から、Humite group は、olivine layer と brucite layer の積層の周期を変えることによって、無数の humite group の構造を考えることができるが、現在までに発見されているのは $n=1, 2, 3, 4$ の 4 種類の単結晶のみである。

本研究では、天然の Humite 族鉱物について、どのような構造がどの程度の範囲にわたって、周囲とどのような結晶学的関係で存在するかを調べ、各構造の生成条件について考察する。透過型電子顕微鏡による高分解能電子顕微鏡 (HRTEM) 像で実際にどのような構造が存在するかを観察し、単結晶 X 線回折写真によってそのような局所構造のうち、どの構造が卓越しているかの情報を得る。

2. 実験方法

実験に用いた試料は Sri-lanka のスカルン中に産するヒューマイト族鉱物である。単結晶 X 線振動写真は Rigaku. R-axis ++ (回転対陰極、MoK 線、50kV, 80mA) を使用して撮影した。HRTEM 像、及び制限視野電子線回折の観察は日本電子社製の透過型電子顕微鏡 (JEM-2010) を使用した。TEM 用試料はイオンミリング法により作成した。また、humite、及び chondrodite が HRTEM 像においてどのように観察されるかを確認するため、マルチスライス法を用いた HRTEM 像シミュレーションプログラム MacHRTEM を使用してシミュレーションを行った。

3. 結果と考察

単結晶 X 線回折写真において、humite の強い反射の他にストリーク中に弱い chondrodite の反射が見られた試料 A では、HRTEM 像の観察で、humite 中に chondrodite と考えられるラメラがしばしば観察された。このラメラの幅は試料 A では chondrodite の単位格子 3 個分、6 個分、12 個分など、3 の倍数となっており、特に 3 個の場合が最も多く観察された。chondrodite のラメラ同士の間隔には周期性は見られなかった。この試料では、3 個の chondrodite からなるラメラが結晶中で 1 個の humite に移り変わる部分が観察された。移り変わる部分の humite と chondrodite の格子の関係はセミコヒーレントであり、周囲は少し歪んでいる。これは、chondrodite の側で、brucite layer が 1 層余分に入らなければならないためと考えられる。試料 B では一部でのみ、humite 中に chondrodite のラメラが見られるが、このラメラの幅には試料 A で見られたような規則性はなく、多くは単位格子 10 ~ 40 個分の幅をもつ、試料 A に比べて幅の広いラメラである。

また、試料 C では、多くの部分が clinohumite の完全な単結晶として観察されたが、{001} を双晶面とする双晶が数層単位で繰り返す部分や、{0-11} または {021} を双晶面とする双晶が見られる部分などが観察された。また、chondrodite や humite、 $n=6$ と考えられる構造からなるラメラも確認された。

また、単結晶 X 線回折写真から、試料 D では humite による強い反射の間に、 c^* 方向に約 28.2 の周期性を示す間隔で弱い反射が確認されたが、これは humite 構造と chondrodite 構造が交互に繰り返す構造によるものと考えられる。