

低結晶度メタミクト鉱物の結晶構造解析

Determination of crystal structures of metamict minerals with low crystallinity

宮脇 律郎^{1,*}, 門馬 綱一¹, 吉朝 朗², 奥部 真樹³¹ 国立科学博物館 地学研究部, 〒305-00051 つくば市天久保 4-1-1² 熊本大学 院自然科学科, 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1³ 東京工業大学 応セラ研, 〒225-8503 横浜市緑区長津田町 4259Ritsuro Miyawaki^{1,*}, Koichi Momma¹, Akira Yoshiasa² and Maki Okube³¹ National Museum of Nature and Science, 4-1-1 Amakubo, Tsukuba, 305-0005, Japan² Kumamoto University, 2-39-1 KUrokami, Kumamoto, 860-8555, Japan³ Tokyo Institute of Technology, 4295 Nagatsuda, Yokohama, 225-8503, Japan

1 はじめに

鉱物の殆どは結晶質として産出するが、中にはメタミクト鉱物のように結晶化した時の原子配列を徐々に喪失したものがある。結晶性の低下あるいは完全な非晶質化は、自己結晶内のあるいは近接する結晶内の放射性元素からの放射線に因るものと考えられているが、未だその原因を確定するに至っていない。メタミクト鉱物の特徴は、加熱処理により結晶性を回復することであるが、加熱条件により結晶化する相が異なる場合もあり、そのため加熱処理により得られた相が、メタミクト鉱物が最初に晶出した時の原構造に同一であることの証明が、研究上大きな障壁となっている。

近年、メタミクト鉱物の研究において、試料は必ずしも完全に非晶質化しているとは限らず、局所的に結晶質のドメインが残留していたり、あるいは長周期構造の揺らぎにより著しく回折強度が低下していることが判ってきた。このような試料でも、十分な強度の線源と適切な回折光学系の適用により、相対的に高いバックグラウンドの中から回折信号を収集することの可能性が見出されつつある。加熱処理を施さず結晶構造の情報を直接得られることは、メタミクト鉱物の原構造の理解には必須の実験ができることであり、加熱による「その場観察」では実証できない、数万年から数億年前に起こった現象を現在に残された痕跡に追跡する研究には意義のある実験である。

実験室での二次元検出器を用いたメタミクト鉱物の研究では、低い S/N 比の回折から反射強度データを得、結晶構造の精密化を進めているが、二次元検出器で得られる格子定数の精度は充分とは言えず概ねの値に留まる。そこで、回折角度の測定精度が極めて高い四軸回折計を用いて放射光単結晶実験を行い、低結晶度のメタミクト鉱物の格子定数を高精度で測定し、結晶構造解析の精密化を目指した。

2 実験

最初の試料として、希土類元素のケイ酸塩である $\text{Yf}_{10}\text{Si}_2\text{O}_{22}[\text{F},(\text{OH})]_6$ を対象とした。試料は三重県菰野町宗利谷の鈴鹿花崗岩ペグマタイトから産出した標本 (NSM-M43627) で、メタミクト化がかなり進み、X線の回折強度は、結晶性に問題の無い希土類元素ケイ酸塩鉱物に比べ著しく微弱である。回転対陰極の光源を備えた四軸自動回折計では数本の回折しか捉えることができず、UB マトリックスの精密化ができなかったため格子定数の精密化に至っていない。粉末回折実験でも回折角度を読み取れる強度 (プロファイル) を有する反射数が限られ、格子定数の標準偏差が大きくなっている。人工多層膜X線集光ミラーと湾曲イメージングプレートを組み合わせた回折計では回折強度の測定ができたが、結合距離を論ずるに値する信頼性の高い格子定数を得るには至っていない。

上記の実験室での測定に用いた結晶を BL-10A の四軸自動回折計に搭載し、比較のために $\text{MoK}\alpha$ 線に相当する 0.7 \AA の放射光を単色化して測定を試みた。

3 結果および考察

今回の同一結晶での比較試験では、光源を放射光に代えることによる回折強度の画期的な増大は認められず、格子定数の精度向上には繋がらなかった。

4 まとめ

今後、光源の強度が最も稼げる波長領域 (1.2 \AA) での再測定を計画している。この領域は、より強い光源として期待できる上に、波長が長い分、回折角度の分解能度でも優位と考えられる。

* miyawaki@kahaku.go.jp