

地球圏外物質の結晶学的研究 Crystallographic studies of extraterrestrial materials.

萩谷健治^{1*}, 大隅一政², 三河内岳³, M.E.Zolensky⁴, 佐竹渉³

¹兵庫県立大学大学院生命理学研究科、〒678-1297 上郡町光都 3-2-1

²高輝度光科学研究センター、〒679-5198 佐用町光都 1-1-1

³東京大学大学院理学系研究科、〒113-0033 文京区本郷 7-3-1

⁴NASA Johnson Space Center, 2101 NASA Parkway Houston, Texas 77058, USA

1 はじめに

人類が手にすることのできる地球圏外物質（彗星塵、宇宙塵、小惑星回収試料、隕石、月試料等）は、太陽系の誕生からその後起こった惑星物質進化の過程を記録していると考えられる極めて重要な試料である。このキャラクタリゼーションのために、化学組成や同位体組成などの化学的側面からの研究が数多く行われている。しかしながら、この他に物質の同定に必須とされる結晶学的情報を得るためのX線回折法による研究は、微小領域からの回折データの収集が容易ではないことからほとんど行われていないのが実情である。そこで本課題では、これら地球圏外物質について放射光を用いた微小領域X線回折による研究を行った。ここでは、アポロ月試料60016 薄片に含まれる鉄酸化物試料についての解析結果を報告する。

2 実験

実験は BL-4B1 に設置された微小領域回折計を用いて行った[1]。放射光白色 X 線はビームラインに備えられたピンホールにより直径 100 μm に制限され回折計に導かれる。さらに試料直前に設置したマイクロピンホールにより試料位置で直径 1.6 μm に絞られている。このマイクロビームに対し、アポロ月試料 60016 薄片中に存在する鉄酸化物試料の位置を光学顕微鏡下で調整した。回折像を円筒形のイメージングプレート（富士フィルム）上に 30 分間露光して撮影した。得られた回折像は非常に複雑であり（図 1）、これは複数のドメインからの回折像が重なっていることを示している。この写真から透過反射 283 点、背面反射 417 点、合計 700 点の回折点を得られた。

3 解析および結果

複数のドメインからの回折像が重なっているため、回折点の指数付けにはこれらを各ドメインのものに分ける必要がある。そこで同じ晶帯に属すると考えられる回折点の組をいくつか見出し、これを基に分離することを試みた。例えば晶帯の交差する位置に回折点がある場合、それらの回折点は同じドメインからのものであると判断した。このようにして、ある一つのドメインからのものと考えられる回折点の組を選び出した。試料の鉄酸化物としてはヘマタイト($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)とマグネタイト(Fe_3O_4)が予測されていた。そこで選択した回折点について、それぞれの格子定

数を用いて指数付けを試みた。ヘマタイトの格子定数では満足できる結果が得られなかったが、マグネタイトと仮定した結果、189 点に指数付けできた。この他の回折点についても、晶帯に着目するという同様の方法で同一のドメインからの回折点の組を選別し、指数付けを行った。これを繰り返すことにより、最終的に 4 つのマグネタイトのドメインを見出し、全部で 562 の回折点に指数付けできた。これらの回折点位置は、試料をマグネタイトと仮定した計算結果と良く一致した。残り 138 点は比較的回折強度が弱く、また 3 点以上の回折点が同一の晶帯上に存在するような関係のものも見出せなかった。これらのことから、残りの回折点は非常に細かい多数のドメインからのものであると考えられる。

解析結果の妥当性について、回折点位置だけでなく、回折強度に基づき評価した。すなわち比較的シャープで且つ回折強度も強い 2 つのドメインからの回折点について積分強度を測定し、計算値との比較を行った。その結果、重み付きの R 因子はそれぞれ $R_w = 0.079, 0.119$ となり、積分強度からもこの鉄酸化物はマグネタイトであることが確認された。還元的环境で形成された月試料からマグネタイトが見つかったのは初めてであり、この存在理由についての考察を現在行っているところである。

参考文献

[1] K. Ohsumi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 66-2 (1995) 1448

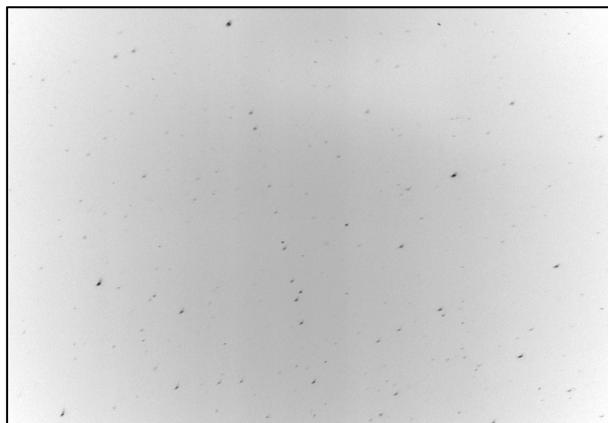


図 1 得られた X 線回折像（背面反射の領域）

* hagiya@sci.u-hyogo.ac.jp