## 微小領域 X 線回折法によるレーザー衝撃圧縮を受けた SiO<sub>2</sub>の変成評価

大野正和<sup>1</sup>,近藤忠<sup>1</sup>,境家達弘<sup>1</sup>,重森啓介<sup>2</sup>,弘中陽一郎<sup>2</sup> <sup>1</sup>大阪大学大学院理学研究科,<sup>2</sup>大阪大学レーザー科学研究所

## 1. はじめに

天体の衝突現象は惑星形成・進化の素過程として重要な現象であり、隕石の中には様々な 衝撃変成を受けた鉱物が発見されている。我々はこれまでに大型レーザーを用いて従来の ガス銃では実現困難な 10 km/s を超える衝撃履歴を持った試料の回収技術の開発[1]とその 試料中の衝撃変成分析に取り組んできた。本研究では大型レーザーによる衝撃回収実験に よって回収された約 100 GPa 以上の衝撃圧縮を受けた石英粉末試料の衝撃変成分布を、光 学顕微鏡、微小領域 X 線回折、走査型電子顕微鏡(SEM)により観察を行った。

2. 実験手法

衝撃圧縮には大阪大学レーザー科学研究所の激光XII号レーザー(HIPER)を用いた。出発試 料には合成石英を粒径数 μm 程度の粉末にして用いた。衝突模擬実験は、専用のアルミ製回 収セル内で粉末をペレット成形し、パルス幅 20 ns、波長 1053 nm のレーザーを表面のチタ ン箔に照射して衝撃波を試料内に伝搬させることによって行った。試料表面での推定衝撃 圧力は約 120 GPa である。レーザー照射後は断面観察を目的として回収試料全体をエポキ シ樹脂で固めて中央部付近で切断した(図 1)。断面観察は、色の変化を光学顕微鏡、石英の 相変化・格子体積・回折線幅の変化を X 線回折、微細構造の変化を SEM によって観察した。

3. 結果と考察

光学顕微鏡及び SEM により試料の組織変化を観察した結果、回収試料は衝撃点から順に I から IV の 4 つの領域に区分できることが分かった。観察されたそれらの特徴を以下に示す。 領域 I:白色変成・透明性を完全に喪失(光学顕微鏡)、溶融と発泡を示唆する多孔質組織(SEM) 領域 II:黒色変成・半透明(光学顕微鏡)、石英粒子が連結し、空隙を埋めて一体化(SEM) 領域 III:透明度の僅かな低下(光学顕微鏡)、石英粒子が破砕して細粒化(SEM) 領域 IV:変成が見られない(光学顕微鏡・SEM)

また、それらに加えて SEM 観察では細長く伸びる平滑な組織が局所的に観測された。これは天然試料中に見られる衝撃溶融脈に類似している。

次に、区分した4領域の変成度の評価を石英砂のショックステージ[2]との比較により行い、 領域 I を SE-S5 超(>13 GPa)、領域 II を SE-S3~S4(0.9~13 GPa)、領域 III を SE-S2(0.1~0.9 GPa)、 領域 IV を SE-S1(<0.1 GPa)として分類した。

微小領域 X 線回折により SiO<sub>2</sub>の相変化を調べた結果、領域 I では石英の他に SiO<sub>2</sub> 高圧相 であるスティショバイトの(110)及び(211)の回折ピークが局所的に観測された(図 2)。これら のピーク位置はいずれも常圧値よりも高角側にシフトしており、観測された石英及びステ ィショバイトの格子体積から残留応力を評価したところ、領域Iでは格子が膨張した石英と 約15 GPa もの残留応力がかかったスティショバイトが共存していることが分かった。出発 試料として単結晶石英を用いた同様の圧力条件で行ったレーザー衝撃回収実験[1]では高圧 相の回収は確認されていないため、出発試料に微粉末を用いたことが本研究でスティショ バイトが回収された主な要因であると考えられる。

また、試料深さに対する石英の格子体積及び回折線幅の変化を調べた結果、格子体積は領域 I~II(ショックステージ SE-S3 以上)で増加、回折線幅は領域 I~III(ショックステージ SE-S2 以上)で増加していることが分かった。この結果は隕石試料の衝撃変成度を X 線回折によって評価した先行研究[3][4]と整合的であり、X 線回折により鉱物の格子体積及び回折線幅を 併せて調べることによって新たな観点で衝撃変成度を評価できる可能性がある。

◆参考文献

- [1] Nagaki et al.; Meteoritics & Planetary Science, 51, 1153-1162 (2016)
- [2] Stöffler et al.; Meteoritics & Planetary Science, 53, 5-49 (2018)
- [3] Imae et al.; Meteoritics & Planetary Science, 54, 919-937 (2019)
- [4] Kanemaru et al.; Polar Science, 26, 100605 (2020)



図1. 回収試料断面の光学顕微鏡写真(a:反射光, b:透過光)

