

地質学セミナー

ナノ秒時間分解で見る衝撃圧縮下での 結晶構造ダイナミクス

発表者② 高木 壮大 (鉱物学分野 M2)

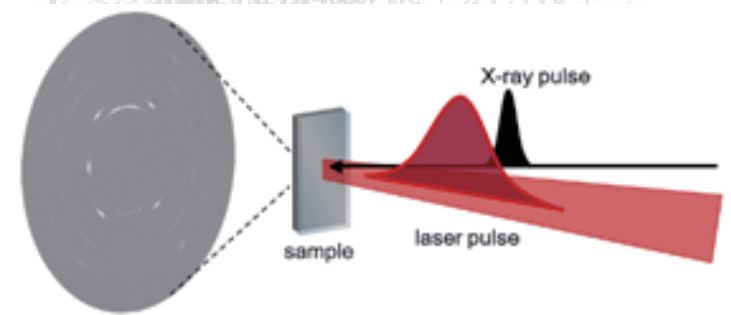
結晶構造相転移とは、温度・圧力が変化する事によって、ある構造から別の安定な構造へと原子配列が変わる事を言う。私は、卒業研究で、準結晶鉱物 icosahedrite の高温・高圧条件下における挙動を調べるため、常温常圧から最高で約 2500 K, 104 GPa までの”その場” X 線回折測定を行い、準結晶鉱物の構造変化を観察した。しかし従来のこの方法では、構造相転移が生じる前と後の状態を比較しているにすぎず、構造が変化する瞬間は観察出来ないため、どのようなメカニズムで原子が動いて構造相転移が起きたのかを知る事は出来ない。構造変化の過渡過程を観察するには、結晶が外部からの影響で原子配列を変化させる瞬間に、極めて短い時間間隔で X 線回折像をコマ撮りする必要がある。ナノ秒 (10⁻⁹ 秒) 時間分解で X 線回折測定を行った先行研究では、硫化カドミウム (CdS) の結晶格子が圧縮されて歪む様子が観察されている (Ichiyangi et al. 2007)。先行研究では、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) PF-AR の、時間幅 100 ピコ秒 (10⁻¹⁰ 秒) かつ高輝度のパルス X 線 (109 photons/pulse) を用いている。この X 線を用いれば 1 パルスつまり 100 ピコ秒で X 線回折像を撮る事が出来るため、構造相転移の瞬間をコマ撮りすることも可能となる。

そのため本研究では、KEK PF-AR の X 線を用いてナノ秒時間分解 X 線回折測定を行う事で、結晶構造相転移の際の一つ一つの原子の動きをナノ秒の時間スケールで観察する事を目指す。そこでまずは、試料にレーザーを照射した瞬間に結晶の格子全体が圧縮される様子をナノ秒時間分解で観察する事を目標に設定した。

実験は、KEK PF-AR NW14A ビームラインで行った。試料の圧縮には、時間幅 10 ナノ秒の高強度ガラスレーザー (レーザー強度 15 J, 波長 1064 nm) を用いる。レーザーと同じ位置にパルス X 線を照射して、照射タイミングを変えて複数回 X 線回折測定を行い、結晶構造がダイナミックに変化していく様子を観察する (図 1 参照)。

金属 Al を試料とした衝撃圧縮下での時間分解 X 線回折実験から、Al が圧縮されていく様子の観察に成功した。ここから、現在のレーザーシステムを用いて最高約 16 GPa の衝撃圧力に到達できる事が明らかになった。

今後は、さらに、ナノ秒時間分解ラマン分光測定システムを立ち上げ、衝撃圧縮下での分子振動の対称性の変化の観察を行う予定である。本研究でナノ秒ごとの結晶の原子位置の変化や分子振動の変化を観察する方法が確立されれば、太陽系構成鉱物の様々な動的場における本当の姿に迫ることができると考える。



X-ray diffraction pattern

図1. レーザー誘起衝撃圧縮下での時間分解X線回折測定のイメージ

次回のお知らせ

日時: 7月6日(水) 17時~ 場所: 総合研究棟 B110

発表者: Anvarov Otabek Ulugbekogli

連絡先

(地圏変遷科学 M2)

池端 慶 (岩石学) ikkei@geol.tsukuba.ac.jp

奥脇 亮 (地球変動科学) rokuwaki@geol.tsukuba.ac.jp