

高温高压下における forsterite 塑性変形のその場観察

In-situ observation of forsterite plastic deformation at high pressure and temperature

神崎 正美[1]

Masami Kanzaki[1]

[1] 岡大・固地研セ

[1] ISEI, Okayama Univ.

http://www.misasa.okayama-u.ac.jp/~masami/kanzaki_j.shtml

放射光による高压ラジオグラフィ法を利用して高温高压下の forsterite 多結晶体の試料形状を直接観察した。初期加圧時の変形は大きく、試料高さは約 20%縮んだが、これは主に空孔率の減少によっている。昇温時にも試料高さは縮んだが、逆に径方向に伸びており、体積自体はほぼ一定であった。高温下での昇圧過程においては初期加圧時に比べてかなり少ないものの、30 ミクロンの変形が観察された。ガイドブロック変位と試料高さ変位の比較から、ガイドブロックの変位は試料変形のよい指標にはならないことが分かった。今回の実験では試料形状を直接観察することにより、変形についてより定量的な議論が可能であることを示した。

従来行われてきたマルチアンビル装置を利用した塑性変形実験は、急冷法やガイドブロックの変位を調べる等の手段を使っており、直接試料の変形量をその場で測ってはいない。Durham and Rubie (1998)は回収した MgO 圧媒体サイズの解析から、この種の変形実験に疑問を投げかけた。このような疑問に答えるためには、またより定量的なデータを得るためには、試料自体の変形をその場観察する必要がある。本研究では放射光による高压ラジオグラフィ法を利用して高温高压下の試料形状を直接観察することを試みた。

実験は SPring-8 の BL04B1 で SPEED1500 プレスを用いて行われた。18M MgO 圧媒体の標準的なセルを使用した。試料は常圧で焼結した円柱形状の forsterite 多結晶 (1.9mm×1.9mm) であり、その上下にアルミナのピストンを配置した。また試料の上下と周囲は 25 ミクロン厚の白金箔で被った。この白金箔が試料形状のマーカーとなる。最初 3GPa まで室温で加圧し、その圧力で 1200C まで加熱、その後 2 時間弱この状態で試料をアニールした。その後温度一定で約 6.5GPa まで 8 時間かけて加圧し (ramping)、試料を変形させた。同時に X 線ラジオグラフィ法で試料をリアルタイム観察し、試料形状とアンビルギャップ (= ガスケット厚) を画像から求めた。

まだビームタイム及び実験の解析は終了していないが、既に分かったことを以下にまとめる。1) 3GPa までの初期加圧時の変形は大きく、試料高さは約 20%縮んだ。しかし試料径方向の変化はなかった。画像から推定した試料体積は約 20%の減少を示すが、これは空孔率の減少に対応していると考えられる。2) 昇温時には試料高さは縮んだが、逆に径方向に伸びており、体積自体はほぼ一定であった。ここでは空孔率の減少にはよらない純粋な変形が生じていると考えられる。3) 高温下での昇圧過程においては初期加圧時に比べてかなり少ないものの、試料高さの減少を確認することができた。しかしその 1/3-1/2 は弾性変形によるものと考えられる。塑性変形による試料高さの変化は 20-30 ミクロンと推定され、今回使用したカメラの解像度の 3-4 倍にすぎない。試料径方向ではほとんど変化がなく、塑性変形が弾性変形により相殺されていると考えられる。体積変化を見ると、弾性変形から予想されるよりも大きな減少が見られた。この減少の理由はまだよくわかっていない。4) ガイドブロック変位と試料の高さ方向の変形を比較すると、初期加圧時と ramping 時にはそれぞれほぼ線形の関係があるが、その比例係数は初期加圧時と ramping 時で異なる。ramping 時において試料高さ変化はガイドブロック変位の約 1/10 である。また加熱時においてはガイドブロックの変位はほとんどないが、試料高さ変化は十分認められる。一方アンビルギャップの変化はどの領域でも試料高さ変化とよい相関がある。これらの結果はガイドブロックの変位が試料変形のよい指標にはならないことを示す。

今回の実験は試料形状を直接観察することにより、試料の変形やその体積についてより定量的な検討が可能であることを示した。一方 Durham and Rubie (1998)でも指摘されていたが、高温下での ramping 時の変形量はかなり小さいことが分かった。これは変形実験としてはきびしく、今後セルの改良により ramping 時の変形量を大きくすることが望まれる。またより高解像度のカメラを利用する必要がある。ramping 時の塑性変形量は弾性変形量と同じオーダーであり、何らかの方法で二つをよく分離する必要がある。これらの点から Karato and Rubie (1997)で提案された単純ずり変形配置に期待が持たれる。本実験でも単純ずり配置を一度試したが、高温での変形がうまく実現できなかった。また今回の実験では昇温時に結構変形することが分かった。この時の変形を温度による応力緩和として利用できるかもしれない。

なお本研究は 2000 年度の原研・黎明研究によりサポートされた。

Durham and Rubie (1998) in Geophysical Monograph 101, AGU.

Karato and Rubie (1997), JGR, 102, 20111.