

CaO の状態方程式に基づく CaSiO₃-perovskite の圧力分解の検討Consideration of decomposition of CaSiO₃-perovskite based on the equation of state of CaO

山中 高光[1], 永井 隆哉[1], # 橋高 弘一[1]

Takamitsu Yamanaka[1], Takaya Nagai[2], # Koichi Kittaka[3]

[1] 阪大・理・宇宙地球

[1] Dept. Earth and Space Osaka Univ., [2] Earth and Space Science, Osaka Univ, [3] Earth and Space Sci, Osaka Univ

CaSiO₃-perovskite は下部マントルの主要構成物質の1つであると考えられている。CaSiO₃-perovskite は下部マントルでは CaO + SiO₂ として存在している可能性がある。これは下部マントル条件では CaSiO₃-perovskite の密度が CaO + SiO₂ の密度より僅かに小さくなると考えられるためである。また、MgSiO₃-perovskite が MgO + SiO₂ に分解したという報告もある (Saxena et al, 1996)。本研究では CaO の状態方程式を決定することにより、CaSiO₃-perovskite と CaO + SiO₂ の密度を比較し、CaSiO₃-perovskite の分解の可能性について議論した。実験は外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて高温・高圧 X 線その場観察実験を行った。

1. はじめに

CaSiO₃-perovskite は下部マントルの主要構成物質の1つであると考えられている。この CaSiO₃-perovskite は下部マントルで CaO + SiO₂(stishovite)として存在している可能性がある。最近の研究から MgSiO₃-perovskite が MgO + SiO₂(stishovite)に分解したという報告がある。この報告はまだ他の研究者により確認されていないが、CaSiO₃-perovskite も CaO + SiO₂(stishovite)に分解する可能性があると考えられる。CaO は約 60~70GPa で B1 構造から B2 構造へ相転移して、体積が約 11%減少する。このため CaO が B2 構造になると下部マントルの圧力条件において、CaO + SiO₂(stishovite)体積は CaSiO₃-perovskite の体積とほぼ同じになる。つまり下部マントルの深部では CaSiO₃-perovskite は CaO(B2 構造)と SiO₂(stishovite)に分解して存在している可能性が考えられる。本研究では CaO の状態方程式を決定することにより、CaSiO₃-perovskite と CaO + SiO₂(stishovite)の体積を比較し、CaSiO₃-perovskite の分解の可能性について議論する。

2. 実験

CaO のサンプルは CaCO₃ を 1550K で 4 時間保持して合成した。CaO は水を吸収しやすいため、合成後すぐに圧力媒体であるシリコングリースに混合した。測定には外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて高温高圧 X 線その場観察実験を行った。外熱式 DAC の構成としては、抵抗発熱体としては Pt-Rh(40)線 (0.2mm), アンビルはキュレット径が 300 μm のダイヤモンド、ガスケットは Re(150 μm hole), 温度構成にはアルメル・クロメル熱電対を使用した。また、常温の圧力決定にはルビー蛍光法、高温下の圧力決定には Au を用いた。X 線は MoK (50keV, 150mA)を使用し、X 線検出器としては Imaging Plate(RIGUKU R-AXS ++)を用いた。IP のデータ解析には解析ソフトとして PIP を使用した。格子定数の計算は常温実験については回折線のピークトップを読み取り、高温実験については Au の回折線と CaO の回折線が重なるためプロファイルフィッティングを行った。測定の温度領域は 295~700K、圧力領域は 0~70GPa である。

3. 結果と考察

B1 構造から B2 構造への相転移は 295K では 60.8GPa, 583K では 61GPa で起こった。このことから B1-B2 転移の相境界はほぼ温度に依存しないことがわかった。これは相転移に伴う体積変化が大きいためであると考えられる。また得られたデータに対して Birch-Murnaghan の状態方程式を用いてフィッティングを行った。その結果から体積弾性率を求めると、CaO の B1 構造に関しては 295K では 125(1)GPa, 488(8)K では 123(1) GPa, 584(9)K では 122(1) GPa (体積弾性率の一次微分は 3.6 に固定)となり、B2 構造に関しては 295K では 140(20), 485K では 136(20) GPa, 584K では 132(20) GPa, 685K では 128(20) GPa (体積弾性率の一次微分は 4 に固定)となった。体積弾性率の温度依存、常圧における体積膨張係数も求めた。求めた値は下部マントル条件に外挿するために用い、CaSiO₃-perovskite は Wang et al(1996)のデータ, SiO₂(stishovite)は Liu et al(1999)のデータを用いた。そして外挿することにより CaSiO₃-perovskite と CaO + SiO₂ の体積を比較すると、1000K では約 85GPa, 2000K では約 60GPa で CaO + SiO₂ の体積が CaSiO₃-perovskite の体積よりも小さくなった。この結果より CaSiO₃-perovskite は下部マントル条件において体積的には CaO + SiO₂ に分解する可能性があると考えられる。