

高温高压下における鉄 - 珪酸塩ペロブスカイトの反応関係

Chemical reaction between Iron and (Mg_{0.99},Fe_{0.01})SiO₃ Perovskite at high-temperature and high-pressure

境 毅[1], 近藤 忠[1], 大谷 栄治[2], 久保 友明[1], 亀卦川 卓美[3]

Takeshi Sakai[1], Tadashi Kondo[1], Eiji Ohtani[2], Tomoaki Kubo[3], Takumi Kikegawa[4]

[1] 東北大・理, [2] 東北大、理、地球物質科学, [3] 物構研・高エネ研

[1] Sci., Tohoku Univ., [2] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University, [3] Tohoku Univ, [4] IMSS, KEK

金属核と珪酸塩マンツルの境界 (CMB) は、地球内部で化学的にも熱構造的にも最も重要な境界面である。地震学的研究からこの境界は地震波速度に異常が見られる複雑な構造を持っていることが分かっており、その領域は D'' 層と呼ばれている。この領域を化学組成や物理状態といった観点から理解し、CMB の特性を解明するには高温高压下での実験が必要となる。これまでに核とマンツルのモデル物質としてそれぞれ金属鉄とエンスタタイト、またはオリピンを使用した高温高压実験がなされており、金属鉄と珪酸塩は高温高压下で反応して酸化物や FeSi 合金を生成し、D'' 層の成因となっている可能性が示唆されている (ex. Knittle and Jeanloz, 1989; 1991)。またこの反応で溶融金属鉄中に Si や O といった軽元素が取り込まれることから、外核中に含まれると考えられている軽元素の問題とも密接に関係しているといえる。

しかしこの反応系に関しては、研究者間で結果が必ずしも一致しておらず、まだ完全に明らかにはなっていない。その要因としていくつかの原因が考えられるが、本研究では特に出発試料の違いに着目した。これまでの研究ではいずれも珪酸塩マンツルのモデル物質として主に珪酸塩ペロブスカイトを想定しているが、出発物質としてはその低压相であるエンスタタイトやオリピンを使用している。この場合一度ペロブスカイトに相転移させるために加熱を行いそれから反応実験を行っているため、未反応出発相の影響や融解の影響により珪酸塩ペロブスカイトの安定領域での反応を見ていない可能性がある。また珪酸塩自体が鉄成分を含んでおり、反応後で鉄成分がぬげるといふ報告があることから、反応生成物として報告されている Fe_xSi_y や (Mg, Fe)₀ などの Fe 成分が溶融鉄起源かどうかということがはっきりしない。

そこで本研究ではマルチアンビル型高压発生装置によって高压相である珪酸塩ペロブスカイトを合成し、それを出発試料として用いた。さらに鉄成分をほとんど含まない珪酸塩ペロブスカイトを使うことで、溶融鉄起源の Fe を含む反応生成物が生じるかどうか調べた。まずスリランカ産エンスタタイト (Mg_{0.99}, Fe_{0.01}) SiO₃ (Al を Fe と同程度含む) から 23 GPa、1300°C でペロブスカイトを合成した。合成試料の評価は微小部 X 線回折装置及びラマン分光装置で相同定を、EPMA で組成測定及び組織観察を行った。

つぎに合成ペロブスカイトと純鉄 (純度 99.99%) を出発試料としてレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルによる高温高压実験を行った。温度は熱輻射によって測定し、圧力測定はルビー蛍光法を用い加熱前後に室温で行った。加熱は Nd:YAG レーザーのマルチモードによって行い、30 ~ 90 GPa の圧力範囲で鉄の融点付近およびそれ以上での実験を行った。実験では KEK (PF-BL13A) において加熱前後および高温高压その場での X 線回折パターンを得た。また回収試料を EPMA で組成測定及び組織観察を行った。

実験回収試料の粉末 X 線回折解析の結果からは、一部の試料に少量の Fe_xSi_y、(Mg, Fe)₀、SiO₂ といった反応生成物が検出された。しかし試料によって、または試料中の位置によっては検出することができなかった。一方で EPMA による分析からは溶融鉄中に Si が溶けていることが明らかになった。今後、分析電顕および透過型電子顕微鏡を用いたさらに微細部の組織観察、組成分析を進める予定である。