

(第3号様式)(Form No. 3)

学位論文要旨 Dissertation Summary

氏名 (Name) 大西 里佳

論文名: 下部マントル条件下におけるMgO-MgSiO₃系の熔融関係
(Dissertation Title)

(1) はじめに

地球内部物質の熔融関係を明らかにすることは地球の進化の過程及び、現在の内部構造を理解する上で非常に重要である。これまで、上部マントル圧力条件下での熔融実験はマルチアンビル型高圧発生装置を用いて比較的広い組成範囲で行われてきた。一方、下部マントル圧力条件下においてはパイロライトや中央海嶺玄武岩など限られた組成でしか熔融関係が明らかにされていない。化学組成の違いは熔融関係に大きな影響を及ぼすため、組成を関数とした熔融関係の相図を決定することは極めて重要である。下部マントルの主要構成鉱物はペリクレーズとブリッジマナイトであるため、そのMg端成分であるMgO-MgSiO₃ 2成分系における熔融関係の相図は最も基本的な情報である。これまで、MgO-MgSiO₃系の熔融関係は圧力26 GPaまで決定されている (e.g. Liebske and Frost 2012)。これは下部マントルの最上部に相当する圧力であるため、より高い圧力条件下での熔融実験を行う必要がある。そこで、本研究では下部マントル圧力条件下でのMgO-MgSiO₃系の熔融実験手法を確立し、熔融関係の解明を行った。

(2) 研究手法

出発物質には組成が均質なガラスを用いた。高温高圧発生装置には下部マントル温度圧力が発生可能なレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセル(LHDAC: laser heated diamond anvil cell)を用いた。加熱には直接加熱可能なCO₂レーザー加熱装置を用いた。加熱後の試料はdualbeam 収束イオンビーム(FIB: focused ion beam)を用いて試料断面を研磨し、電界放出型走査型電子顕微鏡(FE-SEM: field emission scanning electron microscope)による分析を行った。

(3) 結果

約35 GPa、3000 Kで加熱を行った際、試料中心にはMgO及びMgSiO₃の結晶が見られ

たが、融解の痕跡は見られなかった。そこで同じ圧力条件において約4000 Kで加熱を行ったところ、加熱中心部に楕円形の融解組織が観察された(Fig. 1)。続いて熔融関係を明らかにするために融解部分の定量分析及び、試料全体の元素マッピングを行った。その結果、融解部分の縁に沿うようにMgO単相が形成され、融解部分の組成は出発物質と比べてMgSiO₃に富むことが明らかになった。このことから、この条件では部分熔融が生じており、リキダス相がMgOであると判断できた。また、Si/Mgモル比が高い出発物質を用いた場合、MgO相は観察されず、融解部分に隣り合うようにMgSiO₃相が形成された。同様の実験を圧力、組成を変化させて行った。

(4) 考察

共融組成は下記の2点から制約できる。

- ①リキダス相が変化する組成 ②メルトの組成

そこで、これら2つの方法を合わせることで正確な共融組成の制約を行った。本研究の結果は、先行研究の実験結果Liebske and Frost (2012) と近い圧力条件において実験誤差範囲内で一致した。また、熱力学計算を行うこと

で、実験条件以上の圧力下における共融組成の制約を試みた。非理想溶液の取り扱いが必要となるが、その中でも対称型正則溶液を仮定すると端成分の固相及び単相の液相化学ポテンシャル μ 、気体定数 R 、温度 T 、相関パラメータ W 、1組成のモル分率 X とした場合、下記の関係が成り立つ。

$$\mu^{solid} = \mu^{o,liquid} + RT \ln(X) + W(1-X)^2$$

実験により得られた共融組成、及び先行研究の値を用いることで、各圧力における相関パラメータ W を算出し、フィットを行った。その結果、Fig. 2に示す共融組成が制約された。MgO-MgSiO₃系の共融

組成は45 GPa以下では圧力増加と共にMgOに富む。さらに、45 GPa以上ではほぼ一定の値を示し、マントル最下部での共融組成は約0.64 Si/Mgモル比であることが明らかになった。先行研究の熱力学計算 (Liebske and Frost 2012) 及び第一原理計算 (de Koker et al. 2013) の結果と比較すると、これまで考えられていた組成よりも広い組成範囲でリキダス相がMgSiO₃であるということが明らかになった。また、熔融相図を決定したことで、任意の組成及び圧力で熔融関係を議論することが可能となった。本研究は下部マントルの熔融関係を理解する上での基礎的情報を与え、地球の進化過程及び現在の地球内部構造、特に熔融・分別に関して極めて重要な制約条件を提供する。

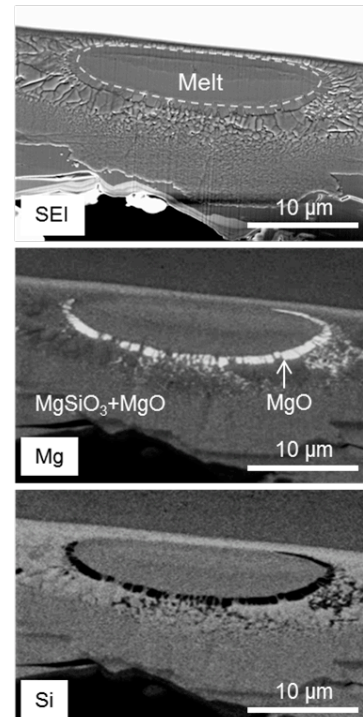


Fig. 1 35 GPa、約 4000 K、出発組成 0.76 Si/Mg モル比における回収試料断面の二次電子像及び Mg、Si の元素マッピング

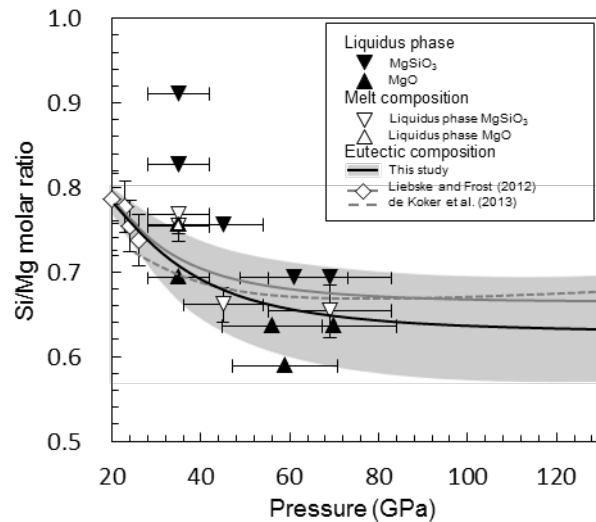


Fig. 2 本研究で得られた共融組成と先行研究との比較