提出日：2025年5月30日

共同利用研究の種類：国際共同研究 一般共同研究 設備共同利用 ワークショップ

課題名：マントル鉱物の熱力学的安定性についての研究

共同研究員氏名：糀谷浩

所属・職名：学習院大学理学部化学科・教授

分担者氏名：石井貴之

分担者所属・職名：岡山大学惑星物質研究所・准教授

研究報告・ワークショップ実施報告：

研究報告

研究目的

地球マントル岩石の主要構成鉱物と考えられている直方輝石やガーネット構造を持つメージャライト、ペロブスカイト構造を持つブリッジマナイト、さらにはイルメナイト構造を持つアキモトアイトの最重要端成分が MgSiO_3 である。したがって、 MgSiO_3 系における高圧相平衡図は、それらのマントル鉱物が熱力学的に安定となる温度圧力条件を把握するために、基本的かつ重要な情報を与えてくれる。最近の筆者による熱力学計算から従来の MgSiO_3 系圧力-温度相図について変更の余地があることが示唆されていたため、本研究ではマルチアンビル高圧発生装置を用いた急冷法による高圧高温実験を行い、各鉱物相の安定領域を再決定することを試みた。特に、 MgSiO_3 アキモトアイトとその低圧相である Mg_2SiO_4 ワズレアイト + SiO_2 スティショバイト、 Mg_2SiO_4 リングウッドイト + SiO_2 スティショバイト、および MgSiO_3 メージャライトとの相境界線について再決定が必要であった。相平衡境界の位置を制約するために、高圧相である MgSiO_3 アキモトアイトを出発物質とした逆相転移実験も行うこととした。このため、大容量の MgSiO_3 アキモトアイト試料を高圧合成で準備する必要があった。

実施内容

当研究所設置の USSA-5000 プレス装置を用いて約 40 mg の MgSiO_3 アキモトアイトの高圧合成を行った。出発物質の MgSiO_3 ガラスは、学習院大学において $\text{MgO} + \text{SiO}_2$ 混合粉末の融解による融体を水中に落下させ急冷することにより作製した。アキモトアイトの高圧合成実験は、14/6 セルを使用して、出発物質の MgSiO_3 ガラスを 20 GPa, 1700°C で 1~2 時間保持後急冷し、1 気圧に減圧回収することにより行った。また、微小部 X 線回折装置を用いて回収試料の相同定を行い MgSiO_3 ア

キモトアイト単相で合成できていることを確認した。高圧相関係実験は、学習院大学設置のマルチアンビル高圧プレス装置を用いて行った。出発物質の $\text{MgO} + \text{SiO}_2$ 混合物または MgSiO_3 アキモトアイトを圧力範囲 15~20 GPa、温度範囲 1100~1600°Cにおける様々な P, T 条件で 2~4 時間保持し、高圧下で急冷後 1 気圧下に減圧回収した。そして、回収試料について X線回折測定により相同定を行った。

研究成果

[Mg_2SiO_4 リングウッドイト + SiO_2 ステイショバイト]– MgSiO_3 アキモトアイト相境界線は、1200°C以下の温度において 19~18 GPa の圧力に位置し、負の勾配を持つと決定された。また、[Mg_2SiO_4 ワズレアイト + SiO_2 ステイショバイト]– MgSiO_3 アキモトアイト相境界線については、1200~1400°Cの温度範囲かつ約 18 GPa の圧力に位置し、わずかに正の勾配を持つことが示された。従来の高圧高温実験や熱力学計算による研究は、それらの相境界線が 20~21 GPa の圧力に位置すると報告してきた。それに対し、本研究ではそれらの相転移圧は従来の報告より約 2 GPa 低いことが新たに分かった。

MgSiO_3 メージャライト– MgSiO_3 アキモトアイト相境界線は、従来の高圧高温実験や熱力学計算で認識されてきたものに比べてもっと低温側に位置し、さらにより低圧側に伸びていることが示された。

本研究により、 MgSiO_3 アキモトアイトおよび MgSiO_3 メージャライトの安定領域が従来の研究により考えられてきた相図のものよりもさらに低圧側に広がっていることを実験的に明らかにすることができた。