

受入年度：2022 年度 前期

提出日： 2023 年 1 月 31 日

共同利用研究の種類： 一般共同研究

課題名： 高温高圧実験による月の KREEP 層における化学組成の決定

共同研究員氏名： 鹿山 雅裕

所属・職名： 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻・助教

分担者氏名： 山下 茂

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：

岡山大学惑星物質研究所の内熱式ガス圧（HIP）装置による高温高圧実験から、月におけるマグマオーシャンの結晶分化作用により生じた KREEP 層の鉱物種ならびに化学組成を決定した。これにより、KREEP 層を構成する鉱物の主成分である K の放射壊変熱や大量に内在する水の融解への効果、クレーター形成による脱圧作用を複合的に検討することで、KREEP 層がもたらした月最大の火山活動であるプロセラルム盆地の形成と月における火山史の解明が実現する。HIP 実験では、様々な Bulk Silicate Moon（BSM）のマグマオーシャンが 78-81% 固化した状態の残液組成を出発試料として、実験後の回収試料の固化率（PCS）が 10-40% になるように温度・圧力条件を設定した。目的の固化率を満たす試料の回収に成功し、その電子顕微鏡分析から鉱物の種類とガラスの化学組成を決定した。この共同研究では、同様の手順によりマグマオーシャンの PCS が最終的に 99% になるまで 5~7 回程度の実験を繰り返すが、本年度はこの実験に適したカプセルデザインや酸化還元状態制御法、温度・圧力・時間条件を決定することができた。

出発試料：代表的な 3 種類の BSM が 78-81% 固化した状態の残液組成に対応するように、酸化物及びケイ酸塩の試薬を混合し、これを常圧、1000°C、iron-wuestite (IW) バッファー相当の酸化還元状態で加熱して出発試料を調整した。

HIP 実験：Pt-G (グラファイト) カプセル法により試料の酸化還元状態を制御。カプセルには Pt を用い、試料をグラファイトジャケットで包んでカプセルに挿入した。実験の圧力は月の KREEP 層が位置する 34-43km に対応する 0.2 GPa、温度はリキダス直下の 1196-1230°C、実験時間は化学平衡達成のチェックのためのタイムスタディーを意識して 48h とした。

結果：回収試料から、MELTS の計算や先行研究で予想される鉱物種である Olivine や Ca-rich pyroxene の晶出が確認され、残液の化学組成を決定するに至った。また、PCS が 20% と目的の条件を満足し、これはマグマオーシャンの PCS = 82-84% に対応する。残液の化学組成は、Mg-rich な Olivine や Pyroxene が晶出したことから出発試料に比べて Mg や Si、Al がやや欠乏したものとなり、これを 2 回目の繰り返し実験の出発試料とすることが可能である。また、回収試料の鉱物には組成ゾーニングなどは認められず、結晶面が発達し、各鉱物の Mg# も残液との平衡状態の値を満たすことから、平衡状態における結晶分化作用を再現することができたと考える。また、月の火山活動の要因の一つであるクレーター形成による脱圧作用についても、衝突実験による検討も合わせて実施しており、その成果は論文として報告している (Ono et al. 2022 及び Kurosawa et al. 2022)。