

原始セレスにおける熱水変質過程の再現実験 Hydrothermal alteration experiments representing the early Ceres

堀口 幸洋^{1*}, 磯部 博志¹
Koyo Horiguchi^{1*}, Hiroshi Isobe¹

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻

¹ Grad. Sch. Sci. Tech., Kumamoto Univ

はじめに

隕石は母天体で起こった過程を知る手がかりである。また、隕石母天体と小惑星の間には強い関係性があることが知られている。小惑星にはその大きさ、組成に様々なバリエーションがあり、中でも準惑星セレスは最大の小惑星である。セレスには大量の水が存在しており、その構造から、他の小惑星とは異なるプロセスを経験した可能性があると考えられている。本研究では原始セレスにおいてどのようなプロセスが起きたのかを理解するために、原始セレスにおける熱水変質過程の再現実験を試みた。セレスで起こった水質変成過程を再現するために、Mousis and Alibert (2005) による推定値から、H₂O 49.14%、CO₂ 44.23%、CH₄ 4.42%、H₂S 2.21%の流体組成を用いた。

実験系は、固相として水質変成を受けていない代表的原始的炭素質コンドライトである Allende 隕石を用い、液相としては CH₃OH 18.6wt% の溶液を使用した。CH₄ は流体として扱うのが難しいため、CH₃OH を代替として用い、CH₂ として炭化水素を供給した。H₂S も同じく流体として扱うのが難しいため、流体相には含めず Allende 隕石に含まれる成分のみを用いた。また、CO₂ としてはシュウ酸銀の解離によって発生するものを利用した。実験系全体の固液比は 1:1.8 である。また、温度及び実験期間は 100、200、300 °C では 3 週、6 週、12 週で行い、400、450 °C では 1 週、2 週、3 週で実験を行った。また、圧力は 100、200、300 MPa においては飽和水蒸気圧、400、450 MPa では 50MPa で実験を行った。

結果および考察

主な生成物相は phyllosilicate 及び carbonate であった。carbonate においては、100 °C においては 3 週では大きく成長した siderite が見られた。実験期間と結晶粒径には明瞭な関係は見られなかったが、その組成は期間が長くなるにつれ Mg に富む傾向にあった。これは期間が長くなるにつれ短期間では溶けていなかった Mg に富む forsterite 等が溶け出し、Mg の供給が増えたことによるものと思われる。しかし、12 週においては一部で Fe に富む siderite も見られた。この事は新たな Fe の供給があれば Fe に富む siderite を生じる可能性を示している。

200 °C 以上では期間が長く、温度が高くなるにつれ Ca に富む傾向を示し、200、300、450 °C では Ca に富み、Mg に乏しい dolomite が見られた。300 °C の 6 週、12 週では calcite が見られた。400、450 °C の比較的期間が短いものでは Ca に富み Mg に乏しい dolomite が観察され、期間が長くなれば calcite が観察できた。このような傾向は、鉄酸化物などは見られないため、生成した phyllosilicate に Fe や Mg が取り込まれた結果と思われる。

Phyllosilicate は 100 °C ではほとんど観察されず、300 °C で最も多く観察された。その Mg/Fe 比は比較的鉄に富む領域に達しており、還元的条件における phyllosilicate の形成に成功していると考えられる。しかし、組成の分布範囲には温度や期間による影響はあまり見られなかった。

セレス表層には、siderite 系 carbonate や phyllosilicate が存在するとされている (Rivkin, 2006)。本研究の結果によれば、carbonate は少なくとも 200 °C 未満の温度で生成された可能性が高い。また、phyllosilicate は 300 °C 以下で生成された可能性が高い。今回の実験では、原始的物質が原始セレスの流体と反応した場合を想定したもので、比較的低温で、かつ還元的な状況を想定したものである。Pure-siderite は生成されなかったものの、本実験生成物の赤外吸収スペクトルとセレスをはじめとする小惑星のスペクトルを比較することにより、準惑星級隕石母天体に起こった過程に対する理解をより深めることが可能となるとと思われる。

キーワード: 小惑星, セレス, 熱水変質過程, 炭酸塩, 含水層状ケイ酸塩

Keywords: Asteroids, Ceres, Hydrothermal alteration, carbonate, phyllosilicate