

非晶質ケイ酸塩の水質変成実験: CM コンドライトにおける水質変成への応用

Hydrothermal alteration experiments of amorphous silicates: implication to aqueous alteration in CM chondrites.

野口 遼 [1]; 村田 敬介 [1]; 土山 明 [2]

Ryo Noguchi[1]; Keisuke Murata[1]; Akira Tsuchiyama[2]

[1] 阪大・理・宇宙地球; [2] 阪大・院理・宇宙地球

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

炭素質コンドライト最も始原的な隕石であり、太陽系初期の情報を記録している。中でもCIコンドライトは化学的に最も始原的であるが、一方でその母天体で強い水質変成作用を受けていることも知られている。またCM,CR,CV,TLなどのコンドライトも水質変成過程を経験しており、その変成過程は太陽系始原物質の進化を考える上で重要である。コンドライトの水質変成過程を研究するために過去に多くの水質変成実験が行われてきたが、これらの実験は結晶質のケイ酸塩やコンドライトなどの物質を使用した実験であった(例えば、Ohnishi and Tomeoka, 2007)。一方、赤外線天文観測によると、若い星の周りのダストのケイ酸塩は結晶質と非晶質の混合物である(Honda et al., 2003)。それに加えて、始原的でユニークなコンドライトのAcfer 094はマトリックス中に母天体での変成を免れた非晶質のケイ酸塩を多く含んでいる事(Greshake, 1997)から、結晶質ケイ酸塩だけでなく非晶質ケイ酸塩の水質変成過程も考える必要がある。

そこで我々はコンドライト母天体での非晶質ケイ酸塩の水質変成過程および変成条件を明らかにするために、CI類似組成をもちFeを含まないものと含むもの2種類の非晶質ケイ酸塩を作成し、水質変成実験を行った。Feを含まない非晶質ケイ酸塩($\text{SiO}_2\text{-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-NiO-Na}_2\text{O}$)は、ゾルゲル法で作成し、750°Cで20時間焼成した。このようにして得られた SiO_2 に富む非晶質ケイ酸塩とforsteriteの混合物から成る出発物質を純水中で様々な温度時間条件(100°C-200°C、24時間-5692時間)で加熱した。実験生成物は粉末X線回折と電界放出型走査型電子顕微鏡観察で分析した。これまでの結晶をもちいた実験と比較すると、saponite、serpentine、calciteという水質変成を受けたコンドライト中に見られる鉱物が純水中でも容易に生成する事が分かった。これは非晶質ケイ酸塩がNa,Ca,Alを含んでいた事に加え、非晶質ケイ酸塩と小さなforsteriteの混合物の反応性が高かったことが原因と考えられる。その変成過程では初めに SiO_2 に富む非晶質ケイ酸塩からsaponiteが生成し、その後saponiteとforsteriteを消費してserpentineが生成することが分かった。またcalciteは変成の後期で生成した。この実験により温度を関数とした水質変成の時間発展図が得られた。実験の最終生成物であるserpentine、calciteと少量のforsteriteという鉱物組み合わせはCMコンドライトに似ているが、cronstedtiteとtochiliniteは生成しなかった。

Feを含む非晶質ケイ酸塩($\text{SiO}_2\text{-MgO-FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-NiO-Na}_2\text{O}$)もゾルゲル法で作成した。様々な出発物質(非晶質ケイ酸塩、非晶質ケイ酸塩+金属鉄、非晶質ケイ酸塩+硫化鉄)を純水中で300°Cで120時間及び720時間加熱した。鉄の酸化還元状態はダブルカプセルを用いmagnetite-wuestiteでバッファした。実験の結果、鉄を含む非晶質ケイ酸塩からserpentine、calcite、magnetiteが生成した。この鉱物組み合わせもCMコンドライトの鉱物組み合わせに一致するが、CMコンドライト中に見られるcronstedtite及びtochiliniteは生成しなかった。

二つの系の実験の結果はCMコンドライトのマトリックスは SiO_2 に富む非晶質ケイ酸塩とolivineの様な無水ケイ酸塩から生成した可能性を示している。少なくともFeを含まない系ではsaponiteは安定ではなかったことから、CIやTLといったsaponiteに富むコンドライトはW/R比やpHが異なる条件で生成したのかもしれない。