

コンドライト隕石中の単斜エンスタタイト水質変成組織の再現実験

Hydrothermal experiments of clinoenstatite: simulation of aqueous alteration in chondritic meteorites.

大西 市朗[1], 留岡 和重[2]

Ichiro Ohnishi[1], Kazushige Tomeoka[1]

[1] 神大・理・地球惑星, [2] 神戸大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kobe Univ

1. はじめに

単斜エンスタタイトはコンドライト隕石の主要構成鉱物の一つであり、その変成過程を知ることはコンドライト隕石の進化過程を探る上で重要な指標となる。コンドライト隕石中の組織観察によって、単斜エンスタタイトはカンラン石や斜方エンスタタイトよりも変質しやすく、サーペンティンなどの層状ケイ酸塩鉱物に交代されることが分かっている。我々は、このような交代変成がどのような条件で行なわれたのかを解明するために、単斜エンスタタイトの水熱変成実験を行った。

2. 実験

単斜エンスタタイト(大きさ<1mm)は、フラックス法により合成した斜方エンスタタイト単結晶を1200℃、48時間加熱後に急冷することによって得た。単斜エンスタタイトと鉄の粉末、溶液(純水、1N-HCl、1N-NaOH溶液)を3:3:10(重量比)の割合で金チューブに封入し、テストチューブ型ポンベ式水熱反応装置を用いて、圧力~100bars、温度~300℃、保持時間~1週間の条件で実験を行った。実験生成物の観察には走査型電子顕微鏡(SEM)および透過型電子顕微鏡(TEM)を、組成分析にはエネルギー分散型X線分光器(EDS)を用いた。

3. 結果

<単斜エンスタタイト+鉄+純水(pH~7.2)> 単斜エンスタタイト結晶内の割れ目に沿ってサーペンティンが形成され(幅<2μm)、網目状の組織が観察された。このような組織は水質変成を受けたとされるコンドライト隕石中に見られる単斜エンスタタイトの変成組織と極めて類似している。生成したサーペンティンはMgに富んでいた($Fe\# = Fe/(Mg+Fe) < 10$ (atomic %))。TEM観察により、エンスタタイトの結晶から綿毛状のサーペンティン(長さ200-300nm)が形成されていることが分かったが、両者の間に結晶学的な特定の方位関係は認められなかった。また、電子線回折パターンが散漫であることから、結晶性はあまりよくないと考えられる。

<単斜エンスタタイト+鉄+1N-NaOH溶液(pH~13.1)> 純水による実験と同様、エンスタタイト内に網目状組織が見られ、割れ目に沿って多量のサーペンティンが形成されている。サーペンティンはMgに富むもの($Fe\# < 8$ (atomic %))とFeに富むもの($Fe\# \sim 10-21$ (atomic %))があり、前者はエンスタタイトを直接交代している(幅<5μm)が、後者は割れを埋めるように脈状(幅~2μm)に存在している。電子線回折パターンおよび高分解能TEM観察により、両者ともchrysotileであることを確認した。また、Mgに富むサーペンティンは、エンスタタイトと $c^*(serp) // a^*(cen)$ の結晶学的な関係にある比較的大きな(大きさ~1μm)結晶であるのに対し、Feに富むサーペンティンはランダムな方位をもつ微細な(大きさ<500nm)結晶である。どちらも純水で生成したサーペンティンよりも結晶性が良い。

<単斜エンスタタイト+鉄+1N-HCl(pH~0.3)> 層状ケイ酸塩鉱物は形成されなかった。

4. 考察

今回の実験から、溶液のpHの違いによって単斜エンスタタイトの変成の程度が異なる、ということが分かった。すなわち、中性あるいは酸性溶液よりも、アルカリ溶液において、単斜エンスタタイトは変成しやすい。また、Feに富むサーペンティンはアルカリ溶液で生成されやすい傾向にあった。水質変成過程を経たと考えられるコンドライト隕石のうち、CMタイプ隕石では、単斜エンスタタイトが著しく変質を受け、Feに富むサーペンティンに交代されている。今回の結果は、CMタイプ隕石中の単斜エンスタタイトと反応したfluidが高pHであったことを示唆している。Hanowsky and Brearley (2001)はALH81002・CMタイプ隕石中の水質変成組織を観察し、単斜エンスタタイトよりもガラス相やFe-Niメタルのほうが変成を受けやすく、単斜エンスタタイトと反応するfluidがアルカリ成分やFeに富んでいた、と推定しており、我々の結果はこの観察結果と矛盾しないと言えよう。他のコンドライト隕石中では、サーペンティンのほかに、サポナイトなどの層状ケイ酸塩鉱物が形成されており、現在の形成条件がどのようなものか探るため、再現実験を行っている。