

コンドライト母天体におけるネフェリン形成条件の推定：水熱変成実験による溶液/岩石比と溶液 pH への制約

Constraints on water/rock ratio and solution pH of nepheline formation in chondrite parent bodies.

市村 隼^{1*}, 瀬戸 雄介¹, 留岡 和重¹, 三宅 亮²

Shun Ichimura^{1*}, Yusuke Seto¹, Kazushige Tomeoka¹, Akira Miyake²

¹神戸大 院理, ²京都大 院理

¹Kobe Univ. Sci., ²Kyoto Univ. Sci.

揮発性の強い Na を多く含むネフェリン ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) やソーダライト ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) といった鉱物が、しばしば CO、CV 隕石の難揮発性包有物 (CAI) やコンドリュールに存在する。かつて、これらの鉱物は原始星雲中で形成されたと考えられていたが、近年の研究によって、母天体中で CAI やコンドリュールが Na^+ に富む熱水と反応し形成された可能性が高いことが分かってきた。しかし、その変成については未だ十分な実験的な検証は行われておらず、不明なことが多い。本研究では、ネフェリンの前駆物質と考えられるメリライトおよび斜長石が、異なる pH の Na 溶液との反応でどのように変化するかを調べた。また、母天体中のネフェリン生成プロセスにおける熱による脱水過程を想定した加熱実験も行った。

メリライト (ゲーレンナイト端成分 Geh_{100} , $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) は電気炉を用いて合成し、これを水熱変成実験の出発物質とした。斜長石は天然の An_{50} 組成 ($\text{Na}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Al}_{1.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_8$) のものを用いた。pH の異なる 4 種類の溶液、HCl (pH 0)、 H_2O (pH 7)、0.1N-NaOH (pH 13)、1N-NaOH (pH 14) を用いて実験した。また、それぞれの溶液について NaCl を溶解させ Na^+ 濃度が 1 mol/l に揃うように調整した。メリライトを出発物質とした実験では、二酸化ケイ素を様々な量比で加えた。各々の実験は、粉末試料と溶液 (36 mg / 1.68 ml) を PTFE 製のオートクレーブに導入し、温度 200、圧力約 15 気圧の条件下で 168 時間行った。加熱実験では、水熱変成実験で生成が確認された鉱物を温度 500-800、24 時間の条件で電気炉を用いて実験を行った。実験回収試料の相同定は、X 線回折装置 (XRD) および走査型電子顕微鏡 (SEM-EDS) を用いて行った。

メリライトと pH 14-7 の溶液を用いた実験では、ハイドログロシユラーの生成が確認された。メリライトと二酸化ケイ素 (重量比 10 : 6) の混合物と pH 14 の溶液を用いた実験では、ネフェリンハイドレート ($\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{H}_2\text{O}$) の生成が確認され、pH 13、7 の溶液を用いた実験ではアナルサイム ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$) の生成が確認された。一方、同一試料 / 溶液について、溶液 / 試料 (W/R) 比を 10 倍にして行った実験では、ネフェリンハイドレートの生成は確認されなかった。メリライトと二酸化ケイ素の混合物と pH 0 の溶液を用いた実験では、いずれもメリライトが大部分液相に溶解したが、生成物はなく二酸化ケイ素だけが残った。斜長石と pH 14 の溶液を用いた実験では、ネフェリンハイドレートとアナルサイム両方の生成が確認されたが、それ以外の pH 13、7、0 の溶液を用いた実験結果は、メリライトと二酸化ケイ素の 10 : 10 の混合物の実験結果とほぼ同じであった。加熱実験では、水熱合成実験の生成鉱物であるアナルサイムを出発物質とした。500-700 の実験では変成生成物は確認されなかった。800 の条件で行った実験では、アナルサイムは非晶質化した。

これらの実験から、メリライトおよび斜長石は、200 で、 Na^+ に富む水溶液によって含水のネフェリンハイドレート、アナルサイムに容易に変成することがわかった。それら変成生成物の種類や量は、溶液の pH や SiO_2 濃度に強く依存している。また、変成には溶液 / 試料比が重要な要素の一つであり、溶液 / 試料比が高いと変成が起こりにくくなる傾向があることもわかった。以上の結果は、ネフェリンは隕石の水質変成を解読する上で、層状ケイ酸塩とは別の視点から、重要な手がかり (pH、 SiO_2 濃度、溶液 / 岩石比などに制約) を与える可能性のある物質であることを示している。今回の加熱実験ではアナルサイムからネフェリンに変成する条件を求めることはできなかったため、今後さらに実験を行う必要がある。

キーワード: ネフェリン, メリライト, 水質変成, 水熱変成実験, 炭素質コンドライト

Keywords: nepheline, melilite, aqueous alteration, hydrothermal experiments, carbonaceous chondrite