

Ningqiang 隕石母天体におけるネフェリン形成プロセスの解明：透過型電子顕微鏡・放射光 X 線回折による研究 Na-metasomatism in the Ningqiang carbonaceous chondrite : A TEM and SR-XRD study

松本 恵^{1*}, 瀬戸雄介¹, 三宅亮², 留岡和重¹, 杉田光弘¹

MATSUMOTO, Megumi^{1*}, SETO, Yusuke¹, MIYAKE, Akira², TOMEOKA, Kazushige¹, SUGITA, Mitsuhiro¹

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kobe Univ., ² Graduate School of Science, Kyoto Univ.

始原的隕石である炭素質コンドライト中の CAI (難揮発性包有物) は、原始星雲から高温で凝縮した構成物であると考えられている。ところが、この CAI 中に Na に富み低温で凝縮するネフェリン ($(\text{Na}, \text{K})\text{AlSiO}_4$) が含まれている。ネフェリンは二次的に CAI 鉱物を変成し形成したものであると考えられており、このような変成作用は Na 交代変成と呼ばれている。近年の CO コンドライトについての研究 [1,2] から、Na 交代変成の程度は、隕石母天体の熱変成程度と相関があり、Na 交代変成は母天体中での変成過程であることが明らかになってきた。Na 交代変成が母天体中での変成過程であったとすると、その母天体の大部分を構成するマトリックスがこの変成の影響を免れることは難しいと考えられる。しかし、これまでにマトリックスの Na 交代変成について研究された例はない。

Ningqiang 隕石は、全岩の Na 含有量が CV グループのコンドライトに比べて高く [3]、約 6 割の CAI が Na 交代変成を受け、ネフェリンを含んでいることが明らかにされている [4]。また、マトリックス中にもネフェリンが含まれている可能性が示唆されており、Ningqiang 隕石は Na 交代変成過程を明らかにする上で重要な情報を含んでいると考えられる。そこで、本研究では Ningqiang 隕石中のコンドリュールおよびマトリックスについて詳しく観察・分析し、Na 交代変成の痕跡を調べた。

走査型電子顕微鏡および透過型電子顕微鏡による詳細な観察の結果、Ningqiang 隕石のコンドリュールの 9 割以上が (39/41 個) がメソスタシス (斑晶と斑晶の間を埋める物質) 中にネフェリンを含んでおり、Na 交代変成を受けていることが明らかになった。これらのネフェリンは、メソスタシス中の斜長石を交代して形成している。また、ネフェリンと同様にして少量ソーダライトも形成している。多くのコンドリュール中では、斜長石のほとんどがネフェリンおよびソーダライト化していることから、Ningqiang 隕石のコンドリュールの Na 交代変成度は高いと考えられる。

マトリックスについても、放射光 X 線回折実験および高分解能 X 線元素マッピングを行った結果、その 1 割の体積をネフェリンとソーダライトが占めていることが明らかになった。これらのネフェリンとソーダライトはマトリックス中に細粒な ($<10 \mu\text{m}$) 粒子としてほぼ均質に分布している。このような多量のネフェリンとソーダライトがマトリックス中に均質に含まれている隕石はこれまでに報告例がない。Ningqiang 隕石の高い Na 含有量 ($\sim 3.76 \text{ mg/g}$) [3] は、本研究試料のマトリックス体積 ($\sim 40 \text{ vol.}\%$) および上述のネフェリン、ソーダライトが占める割合から求めた Na 成分量 (全岩 $\sim 4 \text{ mg/g}$) と良く一致しており、これらの鉱物が Na 元素の主要なホスト鉱物であることが分かった。

Ningqiang 隕石は、CAI とコンドリュールの大部分、マトリックス全体がネフェリンおよびソーダライトを多く含んでいることから、Na 交代変成は Ningqiang 隕石の母天体が集積してから母天体上で大規模に起こった可能性が高い。このことは、Ningqiang 隕石の Na 交代変成プロセスが、CO コンドライト母天体で起きたとされる Na 交代変成のプロセスと非常に似ていることを示している。Na 交代変成は初期太陽系において、多くの隕石母天体上で普遍的に起こっていたと考えられる。

本研究の結果は、Na 交代変成プロセスの痕跡がマトリックスにも顕著に表れることを示している。これまでにコンドリュールや CAI において Na 交代変成の痕跡が報告されてきた隕石について、再度マトリックスに着目し調べることで、Na 交代変成を明らかにする新たな手がかりが得られる可能性は高い。

参考文献: [1] Kojima et al. (1995) *Meteoritics & Planetary Science* 33, 1139-1146. [2] Tomeoka and Itoh (2004) *Meteoritics & Planetary Science* 39, 1359-1373. [3] Rubin et al. (1988) *Meteoritics* 23, 13-23. [4] Sugita et al. (2009) *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 104, 296-300.

キーワード: 炭素質コンドライト, ニンチェン隕石, ネフェリン, ナトリウム交代変成, 透過型電子顕微鏡, 放射光 X 線回折
Keywords: carbonaceous chondrite, Ningqiang, nepheline, Na-metasomatism, TEM, SR-XRD