

始原的炭素質コンドライトマトリクスの 高温その場 TEM 観察

松本恵* (東北大学), 三宅亮 (京都大学), 松野淳也 (立命館大学)

In-situ observation of thermal evolution of primitive carbonaceous chondrite matrix

M. Matsumoto* (Tohoku Univ.), A. Miyake (Kyoto Univ.), J. Matsuno (Ritsumeikan Univ.)

近年の天文観測によって、星間空間や原始惑星系円盤には非晶質ケイ酸塩ダストが多く存在することが分かってきており、微惑星の主要な固体原材料の一つと考えられている[e.g., 1, 2]。実際に彗星塵や始原的隕石など太陽系形成初期から大きく変化していない惑星物質には、非晶質ケイ酸塩が特徴的に含まれている[e.g., 3, 4]。これらの非晶質ケイ酸塩は、微惑星へ集積後、 ^{26}Al の放射壊変熱を熱源とする熱変成やその際に氷が融けて起こった水質変成など、様々な変成作用を被ったと考えられる。しかし、これらの変成作用による非晶質ケイ酸塩の変質過程を調べた研究例は少ない。本研究では、始原的炭素質コンドライト中の非晶質ケイ酸塩に対して、高温その場透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察を行い、加熱に伴う変化を詳しく調べた。実験試料には、比較的試料量の豊富な NWA 1232 (CO3) 隕石を用いた。

始原的炭素質コンドライト中の非晶質ケイ酸塩は、母天体で水質変成を受けており、実際には多少の水を含んだ低結晶質ケイ酸塩となっている[e.g., 4]。本研究では、NWA 1232 隕石中の始原的岩相 (CO 3.0 相当[5]) のマトリクス部分から、集束イオンビーム装置を使って含水低結晶質ケイ酸塩を含む切片を切り出し、加熱実験を行った。室温から 800 °Cまで 100 °Cステップで昇温し、各温度で 20 分程度保持してその場組織観察、電子線回折パターンを取得し、加熱に伴う変化を追った。

加熱開始後 500 °C程度まで、顕著な変化は見られなかったが、500 °C~800 °Cにかけて、低結晶質含水ケイ酸塩の脱水によるものと考えられる電子線回折パターンの変化や試料の変形が見られた(Fig. 1)。また、800 °Cで長時間保持すると、低結晶質含水ケイ酸塩を置き換えて新たにケイ酸塩結晶のナノ粒子が生成する様子が観察された。このようなケイ酸塩結晶の形成は温度保持を

始めてから 1 時間程度で顕著となり、時間経過と共に結晶由来の電子線回折スポットは明瞭になっていった(Fig. 1)。800 °Cで約 20 時間観察を続けたところ、含水低結晶質ケイ酸塩の大部分はケイ酸塩結晶のナノ粒子に置き換わった。電子線回折パターンから、生成したナノ粒子はカンラン石の結晶であり、個々の結晶は 50 nm 程度の大きさに成長していることが分かった。熱変成の進んだ CO 隕石 (CO3.1 以上) のマトリクスは主に細粒のカンラン石結晶 (数百 nm~ μm サイズ) からなるが、本実験の結果は、これらは含水低結晶質ケイ酸塩が熱変成を受け結晶化することで生じた可能性を示唆する。

また本実験では、加熱に伴い硫化鉄量が減少するなど、低結晶質含水ケイ酸塩以外のマトリクス構成物にも顕著な変化が見られた。今後、これら加熱によって生じた変化を詳しく調べ、天然の加熱隕石と比較することで、初期太陽系物質の起源や熱史について新たな情報を得たい。

引用文献: [1] Kemper et al. (2004), *ApJ*, **609**. [2] Boekel et al. (2004), *Nature*, **432**. [3] Keller and Messenger (2011), *GCA*, **75**. [4] Matsumoto et al. (2019), *Sci. Adv.*, **5**. [5] Matsumoto et al. (2015), *MAPS*, **53**.

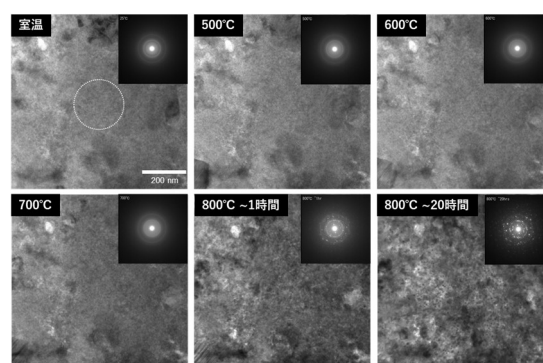


Fig. 1 NWA1232 隕石の低結晶質含水ケイ酸塩の高温その場 TEM 像と電子線回折パターン。

Keywords: carbonaceous chondrite, thermal metamorphism, amorphous silicate, in-situ observation

*Corresponding author: m_matsumoto@tohoku.ac.jp