

太陽系の始原水の痕跡：始原的隕石から発見した O-17 と O-18 に富む物質

Remnants of pristine water of the early solar system: Discovery of extreme O-17 O-18 rich materials from Acfer 094

坂本 直哉 [1]; 瀬戸 雄介 [2]; 伊藤 正一 [3]; 倉本 圭 [4]; 藤野 清志 [5]; 永島 一秀 [6]; Krot Alexander N.[6]; 坂本 尚義 [1]
Naoya Sakamoto[1]; Yusuke SETO[2]; Shoichi Itoh[3]; Kiyoshi Kuramoto[4]; Kiyoshi Fujino[5]; Kazuhide Nagashima[6]; Alexander N. Krot[6]; Hisayoshi Yurimoto[1]

[1] 北大・理; [2] 北大・理・地惑; [3] 北大・理学・自然史; [4] 北大・理・宇宙; [5] 北大・理・自然史科学; [6] ハワイ大
[1] Natural History Sci., Hokudai; [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.; [3] Hokudai; [4] Cosmosci., Hokkaido Univ.;
[5] Dept. of Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [6] University of Hawaii

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~g3/>

隕石の酸素同位体組成は、太陽系の起源とその形成過程を解明する重要なトレーサーである。隕石では質量に依存した同位体分別だけでなく、O-17/O-18 比をほぼ一定に保つ質量に依存しない分別 (MIF) が見られる。従来報告されている酸素の MIF は、地球の標準海水 (SMOW) と比べて -80 パーミルから 0 パーミルの範囲内であった。本発表では、始原的な隕石 Acfer 094 から発見した、特徴的な元素組成を持つ物質が、O-17 と O-18 に富む MIF (+180 パーミル) をもつことを報告する。この値は太陽系の MIF の内で最も重い酸素同位体比を示す新しい端成分となる。

実験

実験に用いた試料は、Acfer 094 C3-ungrouped コンドライトと Murchison CM2 コンドライトの研磨薄片である。元素組成の分析には、エネルギー分散型 X 線分光器付き電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM-EDS, JEOL JSM-7000F + Oxford INCAEnergy) を用いた。酸素同位体比分布の高精度イメージング (Isotopography) には、北大の同位体顕微鏡システム (Cameca ims-1270 + SCAPS) を用いた。また、同システムを用いて従来の二次イオン質量分析法 (SIMS) による点分析も併せて行った。ナノ領域の構造やサイズ、組織、組成の分析には、分析透過電子顕微鏡 (ATEM, JEOL JEM-2010 + Thermo Electron Noran system SIX) を用いた。ATEM の試料作成には、集束イオンビーム装置 (SII NanoTechnology, SMI3050TB) を用いた。

結果

この物質は 10 ミクロン以下の大きさを持ち、STARDUST ミッションの試料に見られるような裂開した FeS にしばしば取り囲まれていた。この物質全体の元素組成は、Fe: 61.6 wt%, Ni: 5.4, O: 19.3, S: 9.6, Mg: 0.1, Si: 0.2 であった。ATEM によると、この物質は 10nm ~ 200nm の結晶集合体であり、100nm サイズの結晶から得た電子線回折パターンはマグネタイト に似た基本構造をもっており (空間群 Fd3m, 格子パラメータ $a \approx 0.83$ nm) 3 倍周期の超構造を示す弱いスポットを伴う。このような鉱物は未だ未報告であり、相の同定にはより詳細な評価が必要である。水質変質を受けた隕石に見られる poorly characterized phase (PCP; トチリナイト) も同様の元素から構成されるので、この物質を "new-PCP" と呼ぶ事にする。その特徴的な元素組成に基づき、Acfer 094 の計 11 平方 mm の領域から 22 個の new-PCP を発見した。マトリックスにおける存在度は 94ppm であり、粒子密度は 3.3 毎平方 mm であった。Acfer 094 中の 6 個の new-PCP について Isotopography を行い、その内の 1 個について SIMS の点分析を行った。また、Murchison 中の 1 個の PCP についても Isotopography を行った。その結果、new-PCP はマトリックスに比べ O-17 と O-18 に +180 パーミルほど富んでいたが、従来の PCP はわずかに乏しかった。

考察

new-PCP の酸素同位体比により、原始太陽系の酸素異常が従来考えられていたものより 3 倍以上あった事が判明した。この物質は、硫化物や金属と水との反応物と考えられるので、その酸素同位体組成は原始太陽系星雲の始原水のものを反映していると考えられる。この結果は、最近の理論的研究から予言されている太陽系星雲における始原水の酸素同位体組成と調和的である。