

始原的コンドライトにおけるプレソーラー粒子

江端 新吾¹, 小林 幸雄¹, 永島 一秀², 坂本 尚義¹

¹北海道大学,²ハワイ大学

<はじめに>

プレソーラー粒子は、太陽系を作る素となった固体微粒子である。プレソーラーケイ酸塩粒子は酸素同位体のその場分析により、2003 年に惑星間塵 (IDPs) の中から初めて発見された[1]。2004 年には初めて炭素質コンドライトから発見された[2, 3]。

我々は、炭素質、普通、エンスタタイトコンドライトという形成環境の異なる[e.g. 4] 3 種類の始原的隕石から炭素質及びケイ酸塩のプレソーラー粒子を探索し、その同位体比や存在度を見積もり[e.g. 5-7]、発見粒子の鉱物種同定を行ってきた[e.g. 8]。

本発表では、我々が発見したプレソーラーケイ酸塩粒子について報告し、その結果から示唆される原始太陽系の起源やコンドライト形成時の変成変質プロセスについて議論する。

<試料と分析手法>

本研究では、13 種類の炭素質コンドライト (岩石学的 type 2-3.1)、5 種類の普通コンドライト (type 3.0-3.2)、3 種類の始原的なエンスタタイトコンドライト (EH3) という計 21 種類の様々なタイプの隕石においてプレソーラー粒子の探索を行った。

その場二次元同位体イメージング法には、北大の同位体顕微鏡 (二次イオン質量分析装置 ims-1270 + 二次イオン荷電粒子検出器 SCAPS [9]) を用いた。粒子の鉱物種同定には電界放出型電子顕微鏡 (JEOL JSM-7000F) とそれに付属したエネルギー分散型 X 線分析装置 (Oxford INCA Energy) を用いた。

<結果と考察>

本研究において、計 114 個のプレソーラーケイ酸塩粒子を発見した。以下の項目について議論する。

1. 酸素同位体比

3 種類の始原的コンドライトにおけるプレソーラーケイ酸塩粒子の酸素同位体比を Fig.1 に示す。Nittler et al. (1997) [10] の分類によると、本研究で発見されたケイ酸塩粒子の約 91% が Group 1 に分類され、酸素に富んだ赤色巨星と AGB 星を起源とすることが示唆された。しかし、

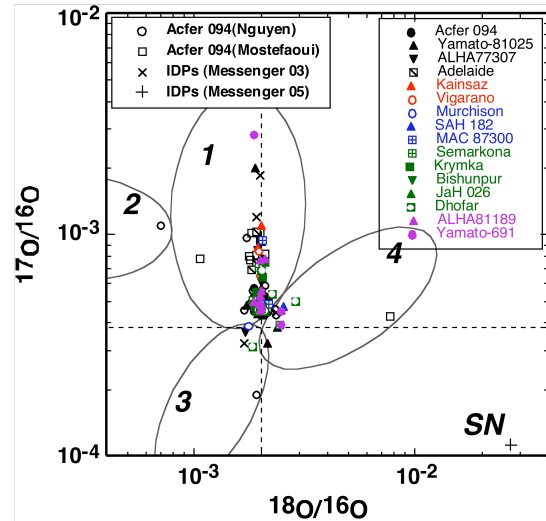


Fig.1 三酸素同位体プロット。楕円は起源の分類を示す。90%以上がグループ1に属する。

これらの粒子の同位体比の平均値は現在の太陽系の酸素同位体比 (Fig.1 の点線の交点) と一致しない。従って、超新星を起源とするような粒子にならなかったガスあるいは、検出できないくらいサイズの小さな粒子の存在が示唆される[e.g. 11]。

2. 存在度

3 種類の始原的コンドライトにおけるプレソーラーケイ酸塩粒子の存在度を Fig.2 に示す。

2.1. 始原的隕石と変成変質作用を受けた隕石

始原的隕石に比べて水質変質・熱変成を受けている隕石は存在度が明らかに低い。これは、プレソーラーケイ酸塩粒子が変成変質作用によって容易に破壊されることを示唆している。

2.2. 始原的隕石と IDPs

無水 IDPs 中のプレソーラーケイ酸塩粒子の存在度は約 375~810 ppm と見積もられている[e.g. 1, 12]。一方、始原的隕石 (Acfer 094, Adelaide, ALHA 77307, Yamato-81025) 中の存在度は多くても~ 60 ppm (Acfer 094) であり、一桁少ない。IDPs は太陽から離れた場所で形成した彗星がまき散らした塵だと考えられているので[e.g. 13]、変成変質は非常に少ないと考えられる。従って、この存在度の違いは、コンドライト形成領域あ

るいは母天体上での変成変質作用によって破壊された事を示唆している。

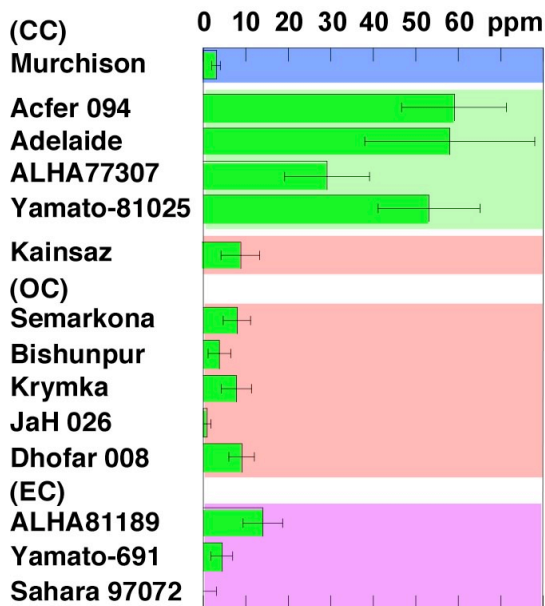
3. プレスローラーケイ酸塩粒子の鉱物種

これまで鉱物種同定の成功率は約 10%であった[14]。同定率が低いのはプレスローラー粒子のサイズが平均約 0.3 μ m [11]と非常に小さい為である。

本研究におけるプレスローラーケイ酸塩粒子の鉱物種同定は、本研究で開発した新たな同定手法[15]により、炭素質コンドライトから 27 個（同定率~34%）、エンスタタイトコンドライトから 8 個（同定率~36%; Fig. 3）のケイ酸塩粒子の鉱物種同定に成功した。以下ではプレスローラーケイ酸塩粒子の特徴について議論する。

3.1.炭素質コンドライトにおけるプレスローラーケイ酸塩粒子

炭素質コンドライトにおけるプレスローラーケイ酸塩粒子は Fe に富んでいるものが多い（同定粒子中~63%）。星の大气中で生成されるプレスローラーケイ酸塩粒子の Fe 量は、ほとんどが<10wt%である[e.g. 16, 17]。従ってこの結果は、星間あるいは原始太陽系内で Fe が入り込んだ事を示唆している。



(江端新吾 2007地球外起源固体微粒子に関する総合研究会)

Fig.2 3種類の原始的コンドライト、炭素質(CC)、普通(OC)、エンスタタイト(EC)におけるプレスローラーケイ酸塩粒子の存在度。最も原始的と考えられる隕石（緑色の4種）の存在度が最も多い。

3.2. エンスタタイトコンドライトにおけるプレスローラーケイ酸塩粒子

エンスタタイトコンドライトにおけるプレスローラーケイ酸塩粒子は輝石組成を持つものが圧倒的に多い（同定粒子中 75%）。先行研究では、カンラン石と輝石の存在度はほぼ同数と見積もられている[e.g. 14]。ECs は原始太陽系でも最も還元的な環境で形成されたと考えられており[e.g. 18]、輝石組成が多いという結果は還元的な環境によってプレスローラー粒子が変成した事を示唆している[e.g. 8]。

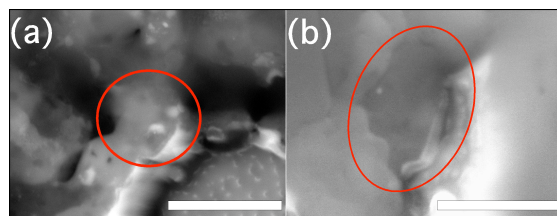


Fig.3 エンスタタイトコンドライトから同定されたプレスローラーケイ酸塩粒子（赤色円）。(a), (b) 共にエンスタタイト組成を持つ。

<おわりに>

プレスローラー粒子の起源については多くの議論がなされているが、鉱物種や結晶構造などについては未だデータが十分でない。主な原因はそのサイズにある。従ってさらに極微小領域を高精度に分析できるようになれば、プレスローラー粒子について多くの知見が得られるであろう。

参考文献

- [1] Messenger et al. (2003) *Science* **300**, 105-108.
- [2] Nagashima et al. (2004) *Nature* **428**, 921-924.
- [3] Nguyen and Zinner (2004) *Science* **303**, 1496-1499.
- [4] Scott and Krot (2005) *Astrophys. J.* **623**, 571-578.
- [5] Kobayashi et al. (2005) *Antarct. Meteor.* **XXIX**, 30-31.
- [6] Tonotani et al. (2006) *LPS XXXVII*, #1539.
- [7] Ebata et al. (2006) *LPS XXXVII*, #1619.
- [8] Ebata et al. (2008) *OMEG CP1016*, 412-414.
- [9] Yurimoto et al. (2003) *Appl. Surf. Sci.* **203-204**, 793-794.
- [10] Nittler et al. (1997) *ApJ* **483**, 475-495.
- [11] Yurimoto H. (2005) *OMEG CP847*, 319-323.
- [12] Floss et al. (2006) *GCA* **90**, 2371.
- [13] Bladley J. P. (2004) *In: Treatise on Geochemistry, Vol. 1*, Elsevier, Amsterdam, p689.
- [14] Nguyen et al. (2007) *Astrophys. J.* **656**, 1223-1240.
- [15] Ebata et al. (2008) *Appl. Surf. Sci.* **255**, 1468-1471.
- [16] Molster et al. (1999) *Nature* **40**, 1563.
- [17] Demyk et al. (2000) *A&A* **364**, 170-178.
- [18] Keil K (1968) *J. Geophys. Res.*, **73**, 6945-6976.