

同位体による先太陽系史と太陽系創成期の解明
Study of the presolar history and solar system formation
using isotopic measurements

塚本 尚義 (Hisayoshi Yurimoto)
北海道大学・大学院理学研究院・教授



研究の概要

太陽系創成期とそれに直接つながる先太陽系史に焦点を当て、先太陽系物質の発見・酸素同位体異常の起源と進化を進展させるための新しい証拠を隕石から探索する。この探索結果を取り入れ、現在提唱中の仮説を検証・発展させることにより新しい太陽系起源論を構築する。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙化学

キーワード：地球化学、宇宙化学、惑星起源・進化

1. 研究開始当初の背景・動機

最近、申請者達は『太陽系固体惑星の起源物質(*Nature* **428**, 921; 2004)』、『酸素同位体的に不均一な太陽系の謎(*Science* **305**, 1763; 2004)』、『太陽系の形成順序(*Nature* **423**, 728; 2003)』を解明する重要な発見や仮説を提唱し、太陽系の新しい起源論を展開し始めた。

2. 研究の目的

本研究では、これらの発見に対応する太陽系創成期とそれに直接つながる先太陽系史に焦点を当て、これらの発見を進展させるための新しい証拠を隕石から探索する。この探索結果を取り入れ、現在提唱中の仮説を検証・発展させることにより新しい太陽系起源論を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 始原隕石中にのこる先太陽系物質の系統的な探索

先太陽系物質の存在度とその種類を同位体顕微鏡により系統的にサーベイする。

(2) 太陽系内の酸素同位体異常の起源とその大きさ

隕石中に残る太陽風の記録から形成当時の太陽の酸素同位体比を決定する。

(3) 始原隕石構成物質の形成と進化

難揮発性包有物(CAI)とコンドリュールの形成年代を系統的に測定する。

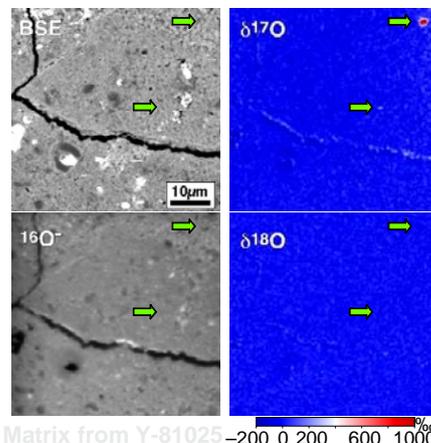
購入備品：FE 電子源付走査電子顕微鏡

4. これまでの成果

(1) 隕石中における先太陽系物質の系統的な探索

始原的隕石には、普遍的に先太陽系物質が残存していることが判明した。その発見個数の内訳は炭素質先太陽系物質 72 粒子、ケイ酸塩先太陽系物質 87 粒子、酸化物先太陽系物質 4 粒子である。これらの結果は、順次、本研究分野における最大の研究集会である NASA 月惑星会議や国際隕石学会において発表してきた。

下図は、Y-81025 という CO3.0 炭素質隕石マトリックス中の約 70 μ m 角の視野中に 2 個のケイ酸塩先太陽系物質が同位体顕微鏡により同時に発見された例である。このように複数の先太陽系物質が 1 つの視野内に存在することは極めて珍しい。これら

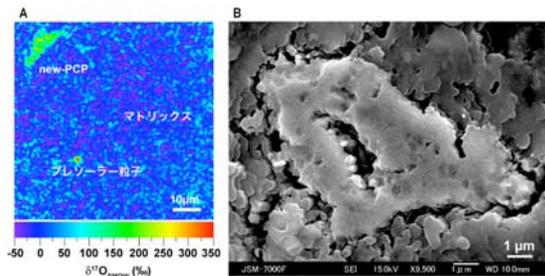


二つの粒子は共に顕著に O-17 成分に富んでおり、やや O-18 成分に乏しい。

(2) 太陽系内の酸素同位体異常の起源と大きさ

始原的隕石マトリックスはサブミクロンの微細粒子の集合体であり、その起源については決定的なものがなかった。我々はマトリックス中の酸素同位体比分布を測定することに世界で初めて成功し(下図)、マトリックスの大部分が難揮発性包有物とコンドリュール起源の凝縮物の集合体であることを初めて明らかにした。これにより mm スケールのコンドライト構成物の成因をサブミクロンスケールの構成物までそのまま拡張できることを示した。また、新たに非常に重い酸素同位体成分に富む新物質(下左図中の new-PCP、下右図が new-PCP の拡大写真)が隕石マトリックス中に存在している事を発見し、太陽系の酸素同位体異常の大きさが従来考えられていたものより 5-6 倍位大きい事を示した。これらは、新しいイオン検出器の開発により初めて可能になったことである。

これらの結果は我々により提唱されていた酸素同位体異常の分子雲起源モデルと極めて整合的なものである。また、最近発表された NASA の GENESIS ミッションの結果も我々のモデルを強く支持している。以上の様に太陽系の酸素同位体異常の研究について我々の研究進捗は世界を牽引しつつある。



(3) 始原隕石構成物質の形成と進化

難揮発性包有物やコンドリュールの結晶化年代を精密に求め、その進化過程を定量的に明らかにするために SIMS における Al-Mg 精密測定法の開発に着手した。現在、スピネルやファッサイトのような Al/Mg 比が小さい鉱物においてもアイソクロンを求めることが可能になりつつある。今後はこの分析法を完全に確立し、本研究課題のために準備した始原的隕石中に存在する多数の難揮発性包有物やコンドリュール結晶化時期を決定し、酸素同位体変動との相関について明らかにしていきたい。

5. これまでの進捗状況と今後の計画
- (1) 隕石中における先太陽系物質の系統的な探査
- (2) 太陽系内の酸素同位体異常の起源と大きさ
- (3) 始原隕石構成物質の形成と進化
- (4) 新しい太陽系起源論の構築

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む) (研究代表者は太字、研究分担者には下線)

1. **Yurimoto, H.**, Krot, A. N., Choi, B.-G., Aleon, J., Kunihiro, T., and Brearley, A. J. (2008) Oxygen Isotopes of Chondritic Components. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **68**, 141-186.
2. Sakamoto, N., Seto, Y., Itoh, S., Kuramoto, K., Fujino, K., Nagashima, K., Krot, A.N., and **Yurimoto, H.** (2007) Remnants of the early solar system water enriched in heavy oxygen isotopes. *Science*, **317**(5835), 231-233.
3. **Yurimoto, H.**, Kuramoto, K., Krot, A.N., Scott, E.R.D., Cuzzi, J.N., Thieme, M.H., and Lyons, J.R. (2007) Origin and Evolution of oxygen isotopic compositions of the solar system. In B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil, Eds. *Protostars and Planets V*, p. 849-862. University of Arizona Press, Tucson.
4. Kuramoto K. and **Yurimoto H.** (2005) Oxygen isotopic heterogeneity in the solar system: the molecular cloud origin hypothesis and its implications for meteorites and the planets. In *Chondrites and the Protoplanetary Disk*, Vol. 341 (ed. A. N. Krot, E. R. D. Scott, and B. Reipurth), pp. 181-192. ASP Conference Series.
5. Krot A. N., **Yurimoto H.**, Hutcheon I. D., and MacPherson G. J. (2005) Chronology of the early Solar System from chondrule-bearing calcium-aluminium-rich inclusions. *Nature* **434**(7036), 998-1001.

平成 18 年 日本鉱物学会賞
平成 18 年 日本地球化学会学会賞

ホームページ等
<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~g3/>