

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成20年度採択分

平成23年5月23日現在

研究課題名（和文） **原始太陽系の解剖学**

研究課題名（英文）

**Anatomy of protosolar system**

研究代表者

垪本 尚義 (YURIMOTO HISAYOSHI)

北海道大学 ・ 大学院理学研究院 ・ 教授



研究の概要：同位体顕微鏡による隕石の解剖学を実施し、隕石のいわゆる『解体新書』を作成する。その成果に基づき、太陽系創世時代とそれに直接つながる先太陽系時代の物質進化を解明し、宇宙における太陽系の特殊性と一般性を区分した新しい太陽系起源論を構築する。そして物質に刻まれた証拠に立脚した汎惑星系起源論の構築に挑戦する。

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，同位体，隕石

1. 研究開始当初の背景

私たちは、太陽系の始原水、プレソーラー粒子を発見し、酸素同位体異常の分子雲起源説、始原隕石構成要素同時代形成説を提唱し、世界的に注目を集める太陽系の新しい起源論を展開し始めた。

2. 研究の目的

先太陽系時代の物質が太陽系形成とともに太陽系時代の新しい物質へと変遷していく過程を物質科学的に追跡できることを示す隕石のいわゆる『解体新書』を作成する。その成果を用い、太陽系創世時代とそれに直接つながる先太陽系時代の物質進化を解明し、宇宙における太陽系の特殊性と一般性を区分した新しい太陽系起源論を構築する。

3. 研究の方法

- (1) 隕石中の先太陽系時代の物質を系統的に探索し、その物質の同位体組成と形成年代を分析し、銀河内の物質循環を解析する。
- (2) 太陽系における酸素同位体異常とその他元素の同位体的均質性の起源と進化の解明を行い、分子雲時代から太陽系創成時代に至る物質進化のダイナミクスを解析する。
- (3) 太陽系創世時代における物質大循環に伴う物質進化とそのメカニズムを解析する。

4. これまでの成果

- (1) 同位体ナノスコープの開発

図1は完成した同位体ナノスコープ

LIMASの外観写真である。LIMASは一次イオンカラムに収差補正機能を世界で初めて装備することにより、10nmサイズの一次イオンビームを分析可能な強度で得ることに成功した。また、高強度のフェムト秒レーザーによりイオン化が難しいHe原子のレーザーイオン化に成功し、全原子においてレーザーイオン化が可能である事を証明した。



図1 同位体ナノスコープの外観写真

(2) 月の水の水素同位体比の測定

我々は同位体顕微鏡を用いて新しく開発した分析法を用い、アポロ計画により採集された月岩石中のアパタイト結晶の水成分濃度とその水素同位体比を測定した。ほとんどの月の石のアパタイト中に0.01~0.6wt%の水が含まれている事が明らかになった。また、含まれている水は地球の水に比べて重水素を多く含んでいる（最大2倍）事がわかった（図2）。これほど重水素に富む水は地球上に

〔4. これまでの成果 (続き)〕

存在しないので、この水は月岩石固有の水である事は明らかである。つまり、月内部に水が存在している事が明らかになった。分析された月の水は重水素に富んでいる彗星の値と重なっている。この結果は、月の水が月形成時の地球の水の遺産ではなく、彗星を起源とすることを意味する。この月の水の同位体比は、地球の水の少なくとも一部は彗星起源である事を示唆している。このことは、太陽系創世時代において内惑星領域と外惑星領域間で物質循環が活発であった事を示す。

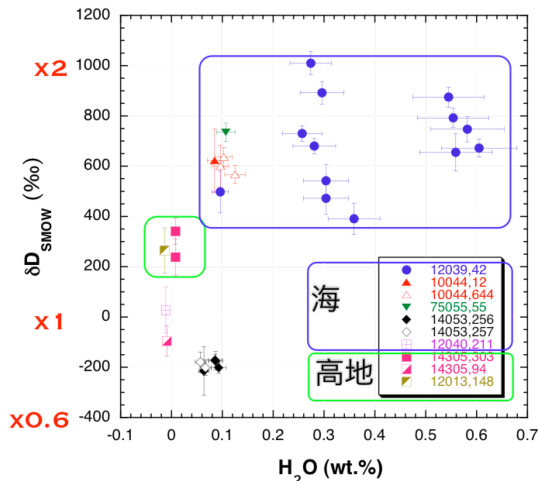


図2 月アパタイト中の水濃度とその酸素同位体比

(3) 原始太陽の星風の酸素同位体比の測定

希ガスに富むコンドライトの一つである NWA 801 CR2 隕石のメタル粒子中に含まれる微量酸素の同位体組成を同位体顕微鏡により測定した。酸素同位体組成は  $^{16}\text{O}$  成分に富む組成と地球の酸素同位体組成に近いものにより特徴づけられるバイモーダルな分布を示した (図3)。地球の酸素同位体組成に近いものは主に地球上の汚染によると考え

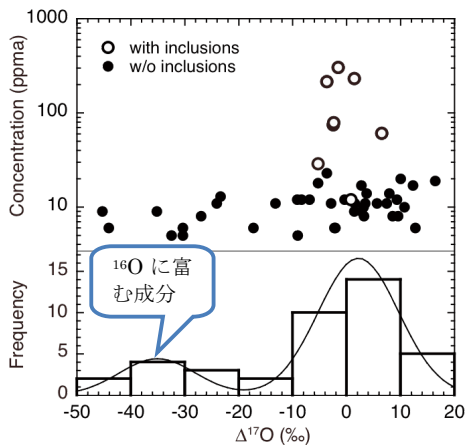


図3 メタル粒子の酸素濃度と同位体比

られる。しかし、 $^{16}\text{O}$  成分に富む組成はコンドライトにおいて見つかっている最も  $^{16}\text{O}$  成分に富む値と同等であった。本隕石のメタル粒子中には原始太陽風起源の希ガスが豊富に含まれている報告があるため、原始太陽風はこの  $^{16}\text{O}$  成分に富む組成であったと結論づけられる。このことは、太陽系全体の平均酸素同位体比は  $^{16}\text{O}$  成分に富む組成であり地球の酸素同位体比とは異なる事を示している。

5. 今後の計画

- (1) 同位体ナノスコープを用いた年代測定
- (2) 同位体ナノスコープによる希ガス測定
- (3) 隕石中の流体包有物の同位体測定
- (4) 始原隕石構成物質の形成タイムスケールの解析
- (5) 以上を総合して宇宙における太陽系の特殊性と一般性を区分した新しい太陽系起源論の構築をめざす。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

(研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者は点線)

- (1) Greenwood J. P., Itoh S., Sakamoto N., Warren P., Taylor L. and Yurimoto H. (2011) Hydrogen isotope ratios in lunar rocks indicate delivery of cometary water to the Moon. Nature Geoscience 4, 79-82.
- (2) Ishihara M., Ebata S., Kumondai K., Mibuka R., Uchino K. and Yurimoto H. (2010) Ultra-high performance multi-turn TOF-SIMS system with a femto-second laser for post-ionization: investigation of the performance in linear mode. Surface and Interface Analysis 42, 1598-1602.
- (3) Yamamoto K., Sakamoto N. and Yurimoto H. (2010) Analysis of the noise properties of a solid-state SCAPS ion imager and development of software noise reduction. Surface and Interface Analysis 42, 1603-1605.
- (4) Fujimoto, K., Itoh S., Ebata, S. and Yurimoto H. (2009) Non-chondritic oxygen isotopic component of metals in a noble-gas-rich chondrite—vestige of stellar wind from the protosun? Geochemical Journal 43, e11-e15.
- (5) Seto, Y., Sakamoto N., Fujino, K., Kaito, T., Oikawa, T., and Yurimoto H. (2008) Mineralogical characterization of a unique material having heavy oxygen isotope anomaly in matrix of the primitive carbonaceous chondrite Acfer 094. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72(11), 2723-2734.
- (6) 坂本尚義, 平成 22 年北海道新聞文化賞学術部門

ホームページ等

<http://vigarano.ep.sci.hokudai.ac.jp/>