

自己評価報告書

平成23年4月20日現在

機関番号：10101

研究種目：特別推進研究

研究期間：2008～2012

課題番号：20002002

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

塚本 尚義 (YURIMOTO HISAYOSHI)

北海道大学・大学院理学研究院・教授

研究者番号：80191485

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. 研究計画の概要

太陽系形成以前に宇宙空間に存在していた物質が隕石中に現存している事が特定されたことにより，我々の自然史を太陽系創世時代を越え先太陽系時代に至るまで実証できる可能性が大きくなっている。本研究では，我々により推進してきた同位体顕微鏡による隕石の微細解剖学をさらに発展させ，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の構築に挑戦する。具体的には，以下の課題を研究する。

(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。

2. 研究の進捗状況

項目(1)については，同位体ナノスケープの開発が計画どおり順調に進行しており，2011年7月に北大に設置される。その途中成果は論文#2 と#3 により発表された。現在，フェムト秒レーザーによるポストイオン化の最適化を行っているところである。

項目(2)については，正の酸素同位体異常をもつ新物質，宇宙シンプレクタイトを隕石中に発見し，集束イオンビーム装置と高分解能透過電子顕微鏡によりその形成機構を解明

した。これにより正の酸素同位体異常が低温の氷起源であることを明らかにし，分子雲環境で酸素同位体異常が引き起こされる事を示した。(論文#5)。一方，太陽は，負の酸素同位体異常をもっている事を隕石中に打ち込まれた原始太陽の星風を分析することにより示した。(論文#4)

項目(3)については，今までは無水と思われていた月内部に少量の水が存在する事を，アポロ計画で採集した岩石から見いだした。また，その水素同位体比を決定することに成功し，月の水は彗星起源であることを示した。彗星は太陽系外縁天体であるため，太陽系創世時代には太陽系内縁部と外縁部の間において物質大循環が活発であった事を示唆している。(論文#1)

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

2の進捗状況で示した様に，当初計画に従い，研究が進展している。また，はやぶさ試料の分析は当初計画になかったが，良いタイミングであった。小惑星イトカワに小さい酸素同位体異常があることが明らかになり，太陽系の惑星が太陽からの距離により異なる同位体異常を持つという予想が確認された。

4. 今後の研究の推進方策

今後も基本的に当初の研究計画に従い推進していく。これからクリアしなければならない新しい研究は，開発した同位体ナノスケープによる U-Pb 年代分析法の開発である。この分析法の開発は銀河内の物質循環のタイムスケールを物質科学的に決定するために必須であるので，最重点項目として研究を集中する。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 25 件)

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. 査読有
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. 査読有
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. 査読有
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. 査読有
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. 査読有

[学会発表] (計 112 件)

1. Yurimoto H. Oxygen and Magnesium Isotopic Compositions of Asteroidal Materials Returned from Itokawa by the Hayabusa Mission. 42nd Lunar and Planetary Science Conference (March 7-11, 2011, The Woodlands, Texas, USA)
2. Yurimoto, H. Oxygen isotope analysis of meteorites: the procedures and contribution to solar system evolution. Workshop on Cosmo-, Geo- and Environmental Research with NanoSIMS (January 18-19, 2011, Taipei, Taiwan)
3. Yurimoto, H. Isotopic compositions of fluid inclusions in halites from ordinary chondrites. 73rd Annual Meeting of the Meteoritical Society (July 26-30, 2010, New York, U.S.A.)
4. Yurimoto, H. Implanted solar wind oxygen about 4.6 billion years ago. 5th

International Workshop on High-Resolution Depth Profiling, HRDP-5 (November 15-19, 2009, Kyoto, Japan)

5. Yurimoto, H. Development of isotope microscope and in-situ observation of presolar grains and other isotope anomalous materials. 5th Biennial Geochemical SIMS Workshop (BGSW5) (June 13-15, 2008, Madison, USA)

[図書] (計 2 件)

1. Yurimoto, H., Krot, A. N., Choi, B.-G., Aleon, J., Kunihiro, T., and Brearley, A. J., Mineralogical Society of America, Oxygen in the solar system, (2008), pp. 141-218.
2. 坂本尚義, 培風館, 宇宙・惑星化学, (2008), pp. 82-111.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 集束イオンビーム装置

発明者: 坂口清志, 坂本尚義

権利者: 日本電子株式会社, 北海道大学

種類: 特許願

番号: 特願 2009-216413

出願年月日: 2009 年 9 月 18 日

国内外の別: 国内

[その他]

アウトリーチ活動情報

1. はやぶさ帰還カプセル展示記念講演会 (February, 10, 2011, Sapporo) 坂本尚義 『はやぶさ』のサンプルで太陽系の起源にせまる!
2. 宇宙指導者養成セミナー (September 17, 2010, Sapporo) 坂本尚義 「はやぶさ」のサンプルで太陽系の謎にせまる!
3. ディスカバリーキッズ科学実験館〜コスミックカレッジ〜 (September 27, 2009, Sapporo, Japan) 坂本尚義 月の科学.
4. ほくでん環境講演会 (January 30, 2009,) 坂本尚義 太陽系、46 億年前の真実 ~ 隕石が伝える、かけがえのない星“地球”~.
5. サイエンスカフェ札幌 (November 29, 2008, Sapporo) 坂本尚義 宇宙からきた石のささやき~ 隕石研究が解説する太陽系の歴史~

報道関連情報

1. 2011 年 3 月 2 日, NHK ニュースおはよう日本
2. 2011 年 1 月 10 日, 月の水の起源解明についての新聞報道, 朝日新聞, 毎日新聞, 日経新聞, 北海道新聞, 時事通信, 共同通信など
3. 2010 年 12 月 28 日, NHK ニュースハイライト 2010
4. 2010 年 8 月 7 日, NHK 教育番組サイエンス ZERO