

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of Precise Tellurium Isotope Analysis by Negative Thermal Ionization Mass Spectrometry (N-TIMS) for the Study of Nucleosynthetic Isotope Anomalies in the Early Solar System
著者(和文)	深海雄介
Author(English)	Yusuke Fukami
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9391号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:横山 哲也,中本 泰史,上野 雄一郎,佐藤 文衛,丸山 茂徳
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9391号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	地球惑星科学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （理学）
学生氏名： Student's Name	深海 雄介		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	横山 哲也
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	綱川 秀夫

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Development of Precise Tellurium Isotope Analysis by Negative Thermal Ionization Mass Spectrometry (N-TIMS) for the Study of Nucleosynthetic Isotope Anomalies in the Early Solar System」というタイトルであり、5 章から成っている。

第 1 章「Introduction」では、重元素の元素合成過程、隕石中の重元素同位体異常、およびプレソーラーグレインなどを紹介し、本論文の目的について述べている。近年の同位体分析技術の向上により、種々の隕石にクロムやモリブデンといった重元素の同位体異常がみつかるようになってきた。このことは初期太陽系内における重元素同位体不均一存在を意味する。一方でオスミウム等の元素には同位体異常は存在せず、同位体は均質に分布していたと考えられる。このような元素間の不一致は初期太陽系における物質の挙動を明らかにする鍵となるが、その詳細は未だ明らかになっていない。本研究では、これまであまり重要視されて来なかった宇宙化学的に中程度の揮発性を持つテルルに着目した。コンドライトのテルル同位体分析により、初期太陽系内の物質進化過程や重元素合成過程について知見を深めることを目的としている。

第 2 章「Development of Tellurium Chemical Separation Technique」では、隕石試料からテルルを単離するための化学分離手法の開発について述べている。本研究では先行研究の手法を改良し、陰イオン交換樹脂と抽出クロマトグラフィー樹脂を用いた 3 段階の分離手法を開発した。妨害元素の分離効率や有機物残留程度に関し、先行研究より優れた化学分離技術を達成したことを報告している。

第 3 章「Development of Precise Tellurium Isotope Analysis using Negative Thermal Ionization Mass Spectrometry (N-TIMS)」では、表面電離型質量分析計 (TIMS) を用いた高精度テルル同位体分析手法の開発を述べている。通常の元素と異なり、負イオン (Te^-) を発生させることで、高いイオン化効率を得ることに成功した。安定して強い Te^- イオンビームが得られる測定条件は、フィラメント素材にレニウム、イオン化促進剤に水酸化バリウムを使用し、フィラメント温度を 810°C – 860°C に保持した場合であることがわかった。また、 $^{126}\text{Te}/^{128}\text{Te}$ 比測定においてマルチダイナミック測定を行った結果、通常の測定よりも分析精度を 1.6 倍向上させることに成功した。

第 4 章「Tellurium Isotope Compositions in Acid Leaching Samples of Carbonaceous Chondrites」では、第 2 章、第 3 章で開発した分析手法を用い、隕石の精密テルル同位体分析を行った結果について述べている。本研究では 3 種の炭素質コンドライト (Allende、Murchison 及び Tagish Lake) について段階的酸処理による化学的鉱物分離を実施し、その酸処理液と耐酸性残渣中のテルル同位体分析を行った。その結果、Murchison と Tagish Lake においては、酸処理液、耐酸性残渣ともに分析誤差の範囲を超える同位体異常が存在しないことを明らかにした。Allende については、酸処理液には同位体異常が見られなかったが、耐酸性残渣にテルル同位体異常が存在することを発見した。Allende 耐酸性残渣中のテルル同位体異常パターンは、中性子バーストモデル (Maas et al., 2001) で生成されるテルル同位体組成を持った、r 核種成分の欠乏が原因である可能性が高い。また可能性は低い、Richter et al. (1998) で同位体異常が報告されている、ナノダイヤモンドの持つ r 核種成分が残渣に存在していたというモデルも否定できないことを明らかにした。

第 5 章「Volatility Control of Nucleosynthetic Isotope Heterogeneities in the Early Solar System」では、第 4 章で報告した隕石のテルル同位体組成に加え、これまでに報告されている隕石全岩と酸処理液の重元素同位体異常に関するデータをコンパイルし、それを元に初期太陽系内の同位体不均質について議論を展開している。異なる元素の同位体異常の程度を定量化するため、太陽系平均組成と比べそれぞれの隕石に s 核種がどれだけ富んでいるかを表すファクター (s-process enrichment factor) を導入した。その結果、隕石全岩と酸処理液中の同位体異常の有無から、重元素はその凝縮温度に応じた 3 つのグループに分類できることがわかった。それら 3 グループの同位体的特徴について説明可能な初期太陽系内プロセスについて検討した結果、太陽系内の熱的プロセスが、太陽からの距離と元素の凝縮温度に依存する同位体異常パターンを作り出したと結論づけた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	地球惑星科学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(理学)
学生氏名 : Student's Name	深海 雄介		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	横山 哲也	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	綱川 秀夫	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The main objective of this thesis is to investigate Te isotope anomalies in chondrites to better understand the nucleosynthetic processes in stellar environments as well as how precursor solids have evolved into the building blocks of rocky planets in the early solar system. To this end, we developed a new method for precise Te isotope analysis by N-TIMS along with an improved technique for chemical separation of Te from geochemical samples. In Te separation of rock samples, an improved chromatographic separation technique for Te was established in which a three-step column chemistry procedure utilizing AG1-X8, TRU-Spec, and CG-71C resins achieved better separation of Te from unwanted elements and organic matter compared with previous studies. In N-TIMS analysis, the optimum analytical condition for obtaining a stable and strong Te^- ion beam was established when a zone-refined Re single filament was employed with a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ activator by maintaining filament temperature between 810 and 860 °C during isotope measurement. The precision of our new technique was comparable to that of previous MC-ICP-MS studies.

The method was applied to acid leachates and residues from three carbonaceous chondrites (Allende, Murchison, Tagish Lake). Most of the Te isotope compositions in acid leachates/residues were indistinguishable from that of the terrestrial standard within analytical uncertainties, indicating homogeneous distribution of Te isotopes in the solar nebula. The homogeneous isotope compositions in leachates suggest that anomalous Te isotope signatures within carbonaceous chondrites (i.e., presolar phases) were erased via temperature-controlled nebular processes before the onset of parent body formation. In contrast, the Allende acid residue (step 7) displayed the depletion of $\delta^{130}\text{Te}$ when mass fractionation during TIMS was corrected using $^{124}\text{Te}/^{128}\text{Te} = 0.14853$. The anomaly can be explained most likely by the depletion of r-process component calculated in Maas et al. (2001), although the mixing of anomalous Te compositions in nanodiamond reported by Richter et al. (1998) cannot be ruled out.

To discuss the process that controls the isotope compositions of various elements that are recorded in chondrites and their components, we compiled precise isotope data for 16 elements in bulk meteorites and their acid leaching samples, and discovered that the elements can be categorized into three groups based on the signature of isotope anomalies. The difference of these groups is most likely caused by the difference of 50% condensation temperatures for these elements.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).