T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	CVコンドライトの難揮発性物質に見られる核合成起源の同位体異常から推察される初期太陽系の同位体組成進化
Title(English)	Isotopic evolution of the early Solar System inferred from nucleosynthetic isotope anomalies in refractory materials from CV chondrites
著者(和文)	増田雄樹
Author(English)	Yuki Masuda
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12651号, 授与年月日:2024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,石川 晃,奥住 聡,癸生川 陽子
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12651号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		増田 雄樹	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	横山　哲也	教授	審査員	癸生川　陽子	准教授
	審査員	中本　泰史	教授			
		石川　晃	准教授			
		奥住　聡	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Isotopic evolution of the early Solar System inferred from nucleosynthetic isotope anomalies in refractory materials from CV chondrites」というタイトルであり、6 章から構成されている。

第 1 章「General introduction」では、隕石の同位体分析で明らかになった初期太陽系の同位体二分性に加え、元素合成過程及び始原的隕石に含まれる CAI などの難揮発性物質に関する現在の知見を紹介し、本論文の目的を述べている。同位体二分性の発見以降、隕石の同位体組成を再現可能な初期太陽系の物質進化モデルが様々な研究者によって提唱されてきたが、より精密なモデルの構築には、初期太陽系における物質の形成・移動と円盤の同位体組成進化を一体的に理解する必要がある。その意味で、太陽系最古の物質である CAI は重要な研究対象であるが、従来の CAI の同位体分析は酸素などの軽元素が中心であり、第 4 周期以降の元素の同位体組成データは限定的であった。本論文の目的は、CAI などの難揮発性物質の多元素同位体組成を明らかし、初期太陽系における物質の形成・移動の過程と同位体化学進化をより多角的に制約することである。

第 2 章「Distribution analysis of rare earth elements in fine-grained CAIs in the Allende meteorite using rapid LA-ICP-MS imaging」では、LA-ICP-MS を用いた元素イメージング技術を世界で初めて細粒 CAI（FG）に適用することで、希土類元素の分布に基づいた、FG 形成史の多様性を明らかにしている。

第 3 章「Strontium isotope evidence for the repeated formation of refractory inclusions in the Allende meteorite」では、FG の高精度 Sr 同位体分析を行っている。Sr 同位体異常の変動性は、希土類元素パターンにみられる重希土類元素の枯渇度と相関する。このことは、*p*-核種である ^{84}Sr の原始星円盤ガスへの流入イベントと希土類元素を分別する再加熱現象が深く関連していることを意味しており、Sr 同位体異常の小さい FG と大きい FG が、熱現象からの影響に応じて、異なる場所や時間で複数回形成されたことを明らかにしている。

第 4 章「Variation in the CAI-forming reservoirs of fine- and coarse-grained refractory inclusions revealed by nucleosynthetic titanium and chromium isotope anomalies」では、粗粒 CAI（CG）と FG の高精度 Cr-Ti 同位体分析を行った。本研究は FG の Cr 同位体組成を系統的に測定した世界初の試みである。従来、CG の Cr-Ti 同位体組成は比較的均質と考えられていたが、FG の Cr-Ti 同位体組成は CG よりも大きく変動した。特に FG の Ti 同位体組成の多様性は、FG の形成が複数の場所または時間で起こったことを示唆している。加えて、FG を端成分とする単純な混合モデルでは、炭素質コンドライト全岩の Cr-Ti 同位体組成を説明できないと結論している。

第 5 章「Calcium isotope anomalies in refractory inclusions revisited」では、CAI を含む 4 種類の難揮発性物質の高精度 Ca 同位体分析を行っている。先行研究よりも 1–2 桁高い精度のデータを得たことで、難揮発性物質中の Ca 同位体組成の異常にはそれぞれ ^{43}Ca と ^{48}Ca に富む 2 種類の端成分が寄与していることを明らかにしている。Ca 同位体組成と CAI の主成分化学組成に強い相関があることから、CAI 形成領域では両端成分が中心星からの距離に従って不均一に分布していた可能性が示された。

第 6 章「Synthesis」では、3–5 章で得られた同位体組成のデータに基づき、CAI 形成期における初期太陽系の同位体組成進化について議論している。CAI 形成場における同位体不均一性は、異なる同位体組成を持つ 3 つのガスリザーバーの不完全な混合によって説明できる。また、これまで得られたデータを総合すると、太陽系物質の同位体組成は、超新星由来の成分と星間物質成分との二成分混合で説明可能である。加えて、各 CAI タイプの同位体組成の特徴の違いは、形成場所の違いに由来することを明らかにしている。今後、年代学データとの照合や部分的なサンプリング技術の適用、少量試料の同位体分析の実施により、円盤の同位体化学進化をより高解像度で解明できることが期待される。

以上の通り、本論文は始原的隕石に含まれる CAI などの難揮発性物質を対象に、多元素同位体組成分析を行った。従来よりも高精度かつ系統的なデータに基づき、初期太陽系における物質の形成・移動過程とそれに関連した円盤の同位体化学進化に重要な制約を与えている。本論文の結果は初期太陽系における物質科学進化の研究に新たな方向性を与えるものであり、博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。