

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	CVコンドライト中のCAIに見られる核合成起源のSr同位体異常
Title(English)	Nucleosynthetic Sr isotope variability in calcium and aluminum-rich inclusions from CV chondrites
著者(和文)	明星邦弘
Author(English)	Kunihiro Myojo
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10727号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:横山 哲也,綱川 秀夫,中本 泰史,上野 雄一郎,太田 健二
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10727号, Conferred date:2018/3/26, 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	明星 邦弘		指導教員 (主): Academic Supervisor(main)	横山 哲也
			指導教員 (副): Academic Supervisor (sub)	野村 英子

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Nucleosynthetic Sr isotope variability in calcium and aluminum-rich inclusions from CV chondrites」というタイトルで、以下の6章で構成されている。

第1章「General introduction」では、初期太陽系の物理化学的進化の解明にとって重要な物質である難揮発性包有物 (CAI) の岩石学的特徴、年代学、および核合成起源同位体異常についてまとめた。CAI は太陽系組成ガスから凝縮した最古の物質とされており、太陽系進化の初期条件を決める上で極めて重要である。また、隕石物質に見られる核合成起源同位体異常は、太陽系における物質移動や物理プロセスを考察する上で重要なトレーサーである。しかし、CAI はその希少性やサイズの小ささから、核合成起源同位体異常に関しては十分なデータが得られていない。そこで本研究では CAI の中でも最も始原的とされる fluffy type A inclusion (FTA) に注目し、岩石学、年代学、Sr 同位体の3点から太陽系最初期の物理化学的プロセスの解明を目指した。

第2章「Petrological observation of fluffy type A inclusion from the Allende meteorite」では、Allende 隕石を対象に、本研究で注目した FTA の岩石学的観察を行った。その結果、本章で観測した FTA は大きく3つの異なる鉱物組み合わせ・化学組成を持つということが分かった。この差異は異なる環境で形成された個々の CAI が合体した結果と考えられ、単一の CAI 中に複数の異なる同位体情報が保存されている可能性を示した。

第3章「Al-Mg chronology for fluffy type A inclusion of the Allende meteorite」では、第2章で観察した FTA に含まれる3つのメリライトに対し、最も頻繁に用いられる Al-Mg 年代測定法を適用し、年代測定を行った。2つのメリライトは先行研究の CAI 形成年代と一致したが、残り1つのメリライトは、2次的なプロセスにより年代情報を失っていることが分かった。これは単一の CAI 中に異なるプロセスを経た部分が存在することを示唆しており、第2章の結論と整合的である。

第4章「Origin and evolution of nucleosynthetic Sr isotope variability in calcium and aluminum-rich refractory inclusions from the Allende meteorite」では、第2章で観察した FTA に加え、同じ Allende 隕石に含まれる type B、fine-grained spinel rich inclusion (FS) の核合成起源 Sr 同位体異常を測定した。これまで CAI の同位体組成は均質とされてきたが、本研究から CAI のタイプ毎に異なる Sr 同位体組成を示すこと、特に始原的とされる FTA はその Sr 同位体組成にバリエーションがあること、CAI の中でも高温で凝縮するヒボナイトが含まれるサンプルは高い Sr 同位体異常を示すことが分かった。この同位体組成のバリエーションは太陽系内の単純な同位体均質化では説明できず、CAI 形成領域は時間的・空間的に同位体不均質であることが明らかとなった。

第5章「Nucleosynthetic Sr isotope variability in calcium and aluminum-rich refractory inclusions in NWA 2364 and NWA 3118」では、第4章と同様の実験を NWA 2364、NWA 3118 から発見された type B、FS に対し行った。その結果、ほとんどの Sr 同位体組成は Allende のものと同様の結果を示したが、NWA 2364 の type B は Allende の FTA に近い同位体異常を示した。これは FTA と type B が完全に異なる環境で形成されたわけではなく、第4章で示唆された一連の同位体不均質の中で形成されたものであることを意味する。

第6章「Synthesis」ではこれまでの結果から、CAI を形成するガスがどのように同位体不均質性を獲得したか、いくつかのモデルを立て考察した。1つ目は CAI 形成領域の同位体組成が太陽系全体の均質化に伴い徐々にその組成を変化させていく時間進化モデルである。このモデルでは、より高温で凝縮するヒボナイトが最も高い同位体異常を持って凝縮し、低温になるに連れて異常の度合が下がっていくことが考えられる。この場合、CAI に含まれる鉱物がそれぞれ異なる年代を記録していることが予想される。一方、熱プロセスによる空間不均質モデルでは2つの異なるモデル、すなわち①超新星爆発粒子の選択的破壊モデル、及び②完全破壊モデルを考察した。これらのモデルの妥当性について、より強い制約を与えるためには、将来的に鉱物一粒単位での高精度同位体分析法、また超高分解能な年代測定法の開発が必要不可欠であることを示した。

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).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 地球惑星科学 専攻
Department of
学生氏名： 明星 邦弘
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (理学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 横山 哲也
Academic Supervisor(main)
指導教員 (副)： 野村 英子
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

Nucleosynthetic isotope anomalies in meteorites are useful for investigating the origin of materials in the protoplanetary disk and the dynamical processes of planetary formation in the early Solar System. In particular, calcium and aluminum rich inclusions (CAIs) found in chondrites are key for decoding the initial condition of the Solar System before the accretion of small planetary bodies. In this thesis, we performed high precision isotope measurements for various types of CAIs from CV chondrites with the in situ measurements of $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios using thermal ionization mass spectrometry coupled with the technique of micro-milling sampling. In addition, we performed in situ analyses of Al/Mg ratios and Mg isotope compositions for three melilite crystals in type A inclusions from Allende using Nano Secondary Ionization Mass Spectrometry to determine the Al-Mg age to reveal the relationship between stable Sr isotope composition and formation age of CAI.

We determined Mg isotope compositions and Al/Mg ratios for three melilite crystals from the type A inclusions from Allende. Two melilite showed nearly homogeneous initial $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ ratios that were consistent with that of the canonical CAI, although one melilite showed no radiogenic ^{26}Mg excess.

For Sr isotope analysis, we examined three types of CAIs (type A, type B, and fine-grained spinel rich (FS) inclusions) from three CV chondrites (Allende, NWA 2364, and NWA 3118). We found that the extent of nucleosynthetic Sr isotope anomaly for CAIs from Allende were variable across the three types of CAIs. In addition, we found that Sr isotope composition was heterogeneous within a single type A inclusion of Allende. The observed isotopic characteristics for the Allende CAIs would result from the destruction of thermally weak presolar grains via nebular thermal processing in 3 protoplanetary disk. In the case of type B and FS inclusions from NWA 2364 and NWA 3118, the extent of nucleosynthetic Sr isotope anomaly was variable across different types of CAIs. Interestingly, we observed elevated $\mu^{84}\text{Sr}$ values for type B inclusion in NWA 2364, which was nearly consistent with those of type A inclusions in Allende. This would suggest that the $\mu^{84}\text{Sr}$ values for type B CAIs were controlled by heterogeneous distribution of r-excess carriers in the CAI formation region.

Finally, we proposed two distinct models to explain the Sr isotope heterogeneity between the types of CAIs and within FTA inclusion; (i) temporal variation of $\mu^{84}\text{Sr}$ in a single CAI reservoir and (ii) multiple CAI reservoirs with distinct $\mu^{84}\text{Sr}$ value. In the temporal variation model, the nucleosynthetic isotope anomaly would be different between the minerals and would correlate with the formation age for each mineral. In the multiple reservoir model, not only hibonite but also some of the other minerals should retain the large Sr isotope anomaly. To clarify the physicochemical processes that occurred in the CAI formation region, more

detailed data regarding nucleosynthetic Sr isotope anomaly and chronological information for each individual mineral are indispensable.

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 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).