

論文審査の結果の要旨

氏名 牛久保 孝行

本論文は7章および Appendix 2章からなり、CAI といわれる太陽系最古の固体物質の原物質と、CAI 形成に関する制約を、2次イオン質量分析計 (SIMS) を用いた詳細な鉱物化学的および同位体的研究により進めた結果が示されている。研究の結果、CAI の形成環境、形成過程につき、新しい制約を与えている。

第1章は本研究のイントロダクションで、隕石の分類、難揮発性包有物に関する今日的到達点がまとめられ、未解決の問題、本研究の目的が示されている。本章において、CAI が太陽系最古の固体物質としてもつ鉱物化学的特徴を、組織・組成・同位体的特徴・REE の特徴にもとづき整理し、特にその成因の不明なものとして、粗粒 CAI に普遍的にみられる Wark-Lovering Rim (W-L rim) といわれる層構造、同位体異常を示す原物質の意義にもとづき、CAI の研究が与える初期太陽系における物質進理解への制約が予測的に述べられ、本研究の目的とその意義が示されている。

第2章においては、研究方法が述べられ、試料の準備、SEM による組織観察、SIMS によるデータ処理の方法、酸素同位体・Mg 同位体・Ca および Ti 同位体・REE 分析のそれぞれの手順、分析の誤差が述べられている。

第3章は試料の記載で、研究をおこなった粗粒 CAI 5個、細粒 CAI 2個、アメーバー状かんらん石包有物3個、HAL 型包有物1個、斜長石を含む包有物8個、スピネル型包有物5個、ヒボナイト-輝石型包有物2個、スピネル-輝石型包有物6個、未知型1個の記載をこなっている。この結果、従来の研究に比して、本研究が網羅的であり、結果の普遍性を保証するうえで大切なものとなっている。

第4章は分析結果の章で、酸素、Mg, Ca, Ti 同位体分析結果が、CAI の型ごとに示されている。重要な発見は、W-L rim のもっとも内側である spinel 層には CAI 内部同様の重い Mg 同位体の濃集 ($F(\text{Mg}) > 0$) がある一方、その外側の diopside 層には重い同位体の濃集は見られない ($F(\text{Mg}) \sim 0$) ことである。さらに、spinel 層も diopside 層も REE 濃度は個々の CAI 内部と類似する事が示された。Mg 同位体が重いことは、CAI 形成時に融解、部分蒸発がおり、現在の CAI はその残渣であることがわかる。一方 diopside の軽い Mg 同位体は、部分蒸発ガスの再凝縮であると理解されるが、REE の存在量のパターンが CAI 内部と同一であることは、個々の CAI の REE の特性は CAI 形成以前に獲得され、揮発性成分の蒸発再凝縮はきわめてローカルな反応であることを示している。この結果、spinel 層は

融解した液滴から晶出したもの、diopside 層はリムの最外層とガスの反応の結果生じたことが示された。本研究の結果、CAI 形成が太陽系星雲の冷却のにもなう大規模なプロセスという従来の考えかたは誤りであり、局所的な加熱メカニズムによることが初めて明らかにされた。

第6章では、hibonite (CaAl_2O_9) を主成分とする細粒の CAI ($\sim 100\mu\text{m}$) (図4)、hibonite inclusions, の Mg, O, Ca, Ti 同位体比の測定、Ca と Ti の同位体比が相関する異常を示すこと、それらの酸素同位体比は、従来 CAI に一般的に報告されている見られる 16O の多寡による混合線上の値をもつことが明らかになった。Ca および Ti 同位対比異常は元素合成過程以外では作り得ないものであることを考えると、本研究の結果初めて示されたそれら元素と酸素同位体異常の関連は、酸素同位体異常も元素合成過程に由来すると考えるべきであることを示唆している。隕石の酸素同位体異常については、最近太陽系内の光化学反応によるものとする考えも示されているが、本研究の結果は、超新星などにおける幻想合成過程がその原因であり、そこで作られた同位体異常をさまざまな元素に関してもっている固体粒子が太陽系前駆物質にとりこまれ、初期太陽系におけるガスの凝縮の不均質核形成のサイトとなったことを示した。

また本研究では、いくつかの包有物中に負の ^{26}Mg 同位体比異常を持つものがあることを発見した。これは従来全く知られていなかった事実で、しかも、ある種の包有物に高い確率で見られる一方、他の CAI からは見いだされないことから、初期太陽系内に同位体比の不均質があったことを示したことになる。

本論文6章は、杉浦直治、平井健一、木村眞、橋元明彦と、比屋根肇との共同研究であるが、分析はすべて本論文提出者がおこなったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように、本博士論文は、詳細な分析を通じ、初期太陽系における固体物質の形成と進化に関し、重大な制約をあたえ、従来の多くの考え方の誤りを指摘した点で、当該分野の研究の発展に大きな貢献をした。よって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。