

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	鈴木 明政
論文題目	Formation process of a compact Type A Ca-Al-rich inclusion from Northwest Africa 7865 reduced CV3 chondrite : the condensation process after the igneous process (NWA7865還元型CV3コンドライト中のコンパクトタイプAカルシウムとアルミニウムに富む包有物の形成プロセス：火成プロセス後の凝縮プロセス)		
(論文内容の要旨)			
<p>始原的隕石に含まれ、太陽系最古の年代を示すCa-Al-rich inclusions(CAI)には、凝縮により形成した凝縮CAIと、前駆物質の熔融とメルトからの結晶化で形成した火成CAIが存在する。凝縮CAIや火成CAIにおける様々な研究によって、独立にそれらの形成プロセスの推定がなされてきたが、CAI形成領域における凝縮プロセスと火成プロセスの形成時期や形成環境の関連性については未だ不明瞭である。これまで、凝縮プロセス後に部分熔融を伴う火成プロセスの存在などを示す研究は存在したが、火成プロセス後に凝縮プロセスが継続していたのかは年代学的にも岩石組織学的研究によっても明らかになっていない。そこで本研究では、火成プロセス後の凝縮プロセスを明らかにし、それらの形成時期や形成環境の関連性に制約を与えた。</p> <p>Northwest Africa 7865 reduced CV3コンドライトに含まれ、火成及び凝縮の両方を経験していることが過去の研究からも期待されるCompact Type A CAI(CTA)、KU-N-02を対象として、電解放出型走査型質量顕微鏡(FE-SEM)や電子後方散乱回折(EBSD)、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた詳細な岩石組織学的観察と二次イオン質量分析計(SIMS)を用いた高精度局所酸素・Al-Mg同位体分析を組み合わせた研究を行った。</p> <p>KU-N-02 CTAはコア-マントル構造を持つ。コア部は火成組織を示し、少なくとも2回の熔融現象を経験した。さらに本研究では、コア部の各鉱物の産状に注目し、これまで測定されていなかった産状の鉱物に対しても高精度局所酸素同位体分析を行ったことにより、CTAが火成プロセスを通して、^{16}O-rich($\Delta^{17}\text{O}\sim-23\%$)から$^{16}\text{O}$-poor($\Delta^{17}\text{O}\sim-2\%$)へ、そして再度$^{16}\text{O}$-rich($\Delta^{17}\text{O}\sim-23\%$)へ変化したことが明らかになった。一方、マントル部は、コア部と異なる組織を持ち、その酸素同位体と岩石組織学的な特徴から、様々な酸素同位体組成($\Delta^{17}\text{O}\sim-2$から$-9\%$)を持つガスからの凝縮プロセスにより形成したことが明らかになった。また、コア部およびマントル部の岩石組織観察と高精度局所酸素同位体分析をもとに、マントル部の形成は、火成プロセスによるコア部形成後に起きたことがわかった。さらに、コア部とマントル部の形成プロセスの違いとその形成の前後関係が明らかになったため、これらに対して、高精度局所Al-Mg同位体分析を世界で初めて行った。マントル部は、コア部の一定の$\delta^{25}\text{Mg}$値と比較して、有意な$\delta^{25}\text{Mg}$値の枯渇を示す。この特徴は、コア部とマントル部の形成プロセスが異なることをサポートする。また、コア部の初生$^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$比($(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0=(4.68\pm 0.15)\times 10^{-5}$)とマントル部の初生$^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$比($(^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al})_0=(4.74\pm 0.14)\times 10^{-5}$)は誤差範囲内で一致した。年代誤差からの推定によって、凝縮プロセスは、火成プロセスが起きた後、約3万年以内の非常に短時間の間に起きたことが明らかになった。</p> <p>本研究を通して、一つのCAIから、年代測定ではわからない火成プロセス後の凝縮プロセスを組織学的に世界で初めて明らかにし、その酸素同位体組成の変化や形成温度、形成順序に制約を与えることに成功した。これらから、凝縮プロセスと火成プロセスが空間的に非常に近い形成領域で起きたことを強く示唆するモデルを検証することに成功したと結論づけることができる。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、太陽系の固体物質において最も古い年代を示す難揮発性包有物(Ca-Al-rich inclusions(CAIs))について、岩石学組織学及び同位体組織学を適応することで、部分熔融を伴う火成プロセス後に凝縮プロセスが起きたことを示した世界で初めての研究例である。各鉱物の約5—10ミクロンの局所領域における酸素同位体分析及び短寿命核種である²⁶Alを用いたAl-Mg年代測定法を組み合わせることで、詳細な結晶化履歴を評価し、火成起源のコア部と凝縮起源のマントル部の形成順序やその形成環境を見出し、両者の形成期間が約3万年以内起きていたことを評価している。これまで不明瞭であった太陽系開闢後の数万年間のCAI形成モデルに対して、形成温度や形成環境の酸素同位体組成に制約を与え、コア部及びマントル部の酸素同位体変動を伴う加熱現象を組み込むことで、それらの形成時期や形成環境の関連性に制約を与えることに成功した。

第一章では、研究背景となる凝縮CAIや火成CAIの岩石学や同位体宇宙地球化学を概説し、これまで独立に研究された両者の形成環境や形成時期の不明な点を示すことで、Compact Type A CAI(CTA)を研究する目的や具体的な研究の意義について論じている。

第二章では、コア部について岩石組織観察と高精度局所酸素同位体分析の結果を示し、コア部は、少なくとも2回の熔融現象を経験し、そのメルトは¹⁶O-richから¹⁶O-poorへ、そして再度¹⁶O-richへ変化したことを評価した。火成CAIであるCTAの酸素同位体変動を伴った結晶化履歴を世界で初めて示すことに成功している。

第三章では、マントル部について岩石組織観察と高精度局所酸素同位体分析を組み合わせた研究の結果を示し、マントル部が、火成プロセスによるコア部の形成後に、様々な酸素同位体組成を持つガスからの凝縮プロセスにより形成したことを明らかにした。マントル部がコア部と同様の火成プロセスなどで形成できないことを示し、マントル部を構成している各鉱物がコア部形成後に凝縮プロセスで形成したことを示すことに成功した。

第四章では、岩石組織観察と高精度局所酸素同位体分析をもとに、形成プロセスの違いとその形成の前後関係が明らかになったコア部とマントル部に対して、高精度局所Al-Mg同位体分析を世界で初めて適応した結果を示している。その結果、凝縮プロセスは、火成プロセスが起きた後、年代誤差からの推定によって約3万年以内の短期間の間に起きたことが明らかになった。

第五章では、第二章から四章までに明らかになった火成プロセスのコア部と凝縮プロセスのマントル部についての形成プロセスを概説し、これらの酸素同位体組成の変化や形成温度、及び年代学的には評価できなかった両者の形成順序に制約を与えることができたことを示している。凝縮プロセスと火成プロセスが空間的に非常に近い形成領域で起きたことを強く示唆することに成功し、太陽系開闢期における固体物質進化モデルにとって重要な制約を与えるに至ったと評価された。

よって、本論文は京都大学大学院理学研究科の博士(理学)の学位論文にふさわしい内容と独創性を備え、学位論文として価値あるものと認める。また、令和5年7月14日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、公表方法は、出版予定があるため要約公表である。

要旨公表可能日： 年 月 日以降