HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Isotopic signature of oxygen and magnesium for coarse-grained Ca-Al-rich inclusions from carbonaceous chondrites [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	川﨑, 教行
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第11805号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58833
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Noriyuki_Kawasaki_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　氏　名　　川﨑　教行

学 位 論 文 題 名

Isotopic signature of oxygen and magnesium for coarse-grained Ca-Al-rich inclusions from carbonaceous chondrites

（炭素質コンドライトに含まれる粗粒難揮発性包有物の酸素・マグネシウム同位体宇宙化学）

隕石中に含まれる難揮発性包有物 CAI は，45.67 億年前に形成した太陽系最古の岩石である。粗粒 CAI は，その構成鉱物内・鉱物間において不均一な酸素同位体組成をもつ。これは，初期太陽系星雲内の CAI 形成領域において，星雲ガスの酸素同位体組成が何度も変化しており，そのガス内で粗粒 CAI が何度も加熱溶融を受け，その瞬間の周囲の星雲ガスの状態を非平衡として保持しているからだと考えられている。一方で，粗粒 CAI の一種である fluffy Type A CAI は, 星雲ガスからの直接の凝縮物であり, それゆえ, fluffy Type A CAI は星雲ガスの酸素をそのまま保持しているとされている。^{26}Al-Mg 相対年代系を用いることで，それら個々の CAI の形成プロセスの年代差を解明できることが期待される。本論文では，炭素質コンドライトに含まれる三つの粗粒 CAI の二次イオン質量分析法による酸素・マグネシウム同位体分析を行った。主な目的は，CAI 形成中の星雲ガスの酸素同位体組成変化と，加熱溶融イベントの年代を解明することである。第一章ではイントロダクション，第二章では分析手法について，第三章，第四章，第五章では三つの粗粒 CAI について，それぞれ記述している。

第三章では,「エフレモフカ CV3 コンドライト fluffy Type A CAI のメリライト結晶の酸素同位体・化学ゾーニング」について記している。本 CAI，HKE 01 はそれぞれがコア・マントル構造をもつ，二つのドメインから成る。両ドメイン中で，逆累帯構造のメリライトが観察された。一方のドメインでは，メリライトの酸素同位体組成は CCAM ライン上にプロットされ，均一に ^{16}O に乏しい（δ^{18}O = 5-10‰）。これは，ドメインが ^{16}O に乏しい星雲ガス内で形成されたことを示唆する。対して，他方のドメインのメリライトは，CCAM ライン上で ^{16}O に富む組成（δ^{18}O = -40‰）から乏しい組成（δ^{18}O = 0‰）へと連続的に変化する酸素同位体組成を示した。この変化は，ドメインのリムに向かうに連れ，^{16}O に富む傾向があり，ドメイン形成中に星雲ガスの酸素同位体組成が変化していたことを示唆する。以上の結果から，HKE 01 の両ドメインは，それぞれ酸素同位体組成の異なる星雲ガス中で成長し，それらが合体し現在の Type A CAI が形成されたことがわかった。

第四章では,「アエンデ CV3 コンドライト Type C CAI の複数回溶融と ^{26}Al-Mg 年代学・酸素同位体分布」について記している。本 CAI，EK1-04-2 は，主にスピネル，アノー

サイト，オリビン，パイロキシンから構成され，コア・マントル構造をもつ。鉱物の酸素同位体組成は，CCAM ライン上で分布し（$\delta^{18}O = -44$ から+9‰），EK1-04-2 が化学的に非平衡であったことを示している。スピネルは ^{16}O に富む組成（$\delta^{18}O \sim -43$‰）をもち，一方でアノーサイトは ^{16}O に乏しい組成（$\delta^{18}O \sim +8$‰）をもつ。コア部のオリビンとパイロキシンは均一な酸素同位体組成（$\delta^{18}O \sim -15$‰）をもつ。マントル部のオリビンとパイロキシンは，コア部の同鉱物に比べて ^{16}O に乏しい組成（$\delta^{18}O = -13$ から−4‰）をもつ。鉱物の Al-Mg 同位体分析の結果，スピネルは$(^{26}Al/^{27}Al)_0 = (3.5 \pm 0.2) \times 10^{-5}$，アノーサイトは$(-1 \pm 5) \times 10^{-7}$，コア部のオリビンとパイロキシンは$(-1 \pm 7) \times 10^{-6}$ のライン上にプロットされた。マントル部のオリビンとパイロキシンは，コア部の同鉱物よりも低い $\delta^{26}Mg^*$値を示した。以上の同位体的非平衡と岩石学的特徴から，EK1-04-2 の形成過程は以下のように考察される。前駆 CAI は，太陽系誕生から 43 万年後に形成した。その少なくとも 160 万年後に，CAI は部分溶融し，部分溶融メルトと周囲の ^{16}O に乏しい星雲ガスとの間で酸素同位体交換が起こった。^{16}O に乏しいコア部のオリビンとパイロキシンはこの部分溶融メルトから結晶化した。その後，Al-rich コンドリュールが CAI に付着し，再び部分溶融が起こり，マントル部を形成した。また，アノーサイトの酸素・マグネシウム同位体は，アエンデ隕石母天体上での変成作用中に再分配されたと考えられる。本研究から，EK1-04-2 は初期太陽系円盤を少なくとも 160 万年以上漂い，その間に二度の加熱溶融を経験したことがわかった。また，母天体上での変成作用により，CAI の酸素同位体と ^{26}Al-Mg 系は，結晶サイズによっては部分的にディスターブされていたことが示された。

第五章では，「ヴィガラノ CV3 コンドライト fluffy Type A CAI 中の逆累帯構造をもつメリライトの Al-Mg 同位体組成」について記している。先行研究において，本 CAI，V2-01 中のメリライトの酸素同位体組成は，それぞれの結晶のコアからリムに向かうに連れ ^{16}O に富む変化傾向を示し，メリライト凝縮中の星雲ガスの酸素同位体組成の変化に対応するとされた。本研究では，六つの粒子の Al-Mg 同位体組成を分析した。二粒子の内部では，$\delta^{25}Mg$ 値が $Al/^{24}Mg$ 比の変化にかかわらず一定であった（それぞれ $\delta^{25}Mg = 1$ と 2‰）。別の二粒子では，$\delta^{25}Mg$ 値の変化が見られ，粒子のコアからリムにかけて，$\delta^{25}Mg$ 値が低くなっていた（共に $\delta^{25}Mg = 6$ から 0‰）。この分布は，これらのメリライト凝縮中に周囲の星雲ガスの $\delta^{25}Mg$ 値が徐々に低くなっていたことを示唆する。さらに，残りの二粒子は，粒子のコアからリムにかけて$\delta^{25}Mg$値が高くなる変化を示した（それぞれ$\delta^{25}Mg = 1$から 5‰, 3から 10‰）。この変化は，^{16}O に富む星雲ガス中で，逆累帯構造のメリライトが部分溶融し，メリライトの結晶成長中に，蒸発によるメルト組成変化が起きていたことによると考えられる。全六粒子の初生$(^{26}Al/^{27}Al)_0$ は，誤差内で一致した。星雲ガスの ^{16}O に乏しい組成から富む組成への変化の時間スケールは，12 万年以下であった。本研究から，初期太陽系において，逆累帯構造のメリライトは，局所的に異なる環境において 31 万年以内の間に形成し，さらに星雲中で集積し，V2-01 を形成したことがわかった。