

アエンデ隕石 Type C CAI の Al-Mg 鉱物アイソクロン Al-Mg mineral isochron of a Type C CAI from Allende

川崎 教行^{1*}; 加藤 千図²; 伊藤 正一³; 伊藤 元雄⁴; 若木 重行⁴; 坂本 尚義¹

KAWASAKI, Noriyuki^{1*}; KATO, Chizu²; ITOH, Shoichi³; ITO, Motoo⁴; WAKAKI, Shigeyuki⁴; YURIMOTO, Hisayoshi¹

¹北海道大学, ²ワシントン大学セントルイス, ³京都大学, ⁴海洋研究開発機構

¹Hokkaido University, ²Washington University in St. Louis, ³Kyoto University, ⁴JAMSTEC

隕石に含まれる CAI (Ca-Al-rich inclusion) は、45.67 億年前に形成された太陽系最古の岩石である (Amelin et al., 2002)。CAI からは、半減期 73 万年で ²⁶Mg へと壊変する消滅核種 ²⁶Al が、多量に含まれていた痕跡が見つかっており (e.g., MacPherson et al., 1995), Al-Mg 相対年代系を適用できる。本研究では、アエンデ隕石の Type C CAI, EK1-04-2 (Ito et al. 2000) の詳細な岩石学的研究と酸素同位体分析, Al-Mg 年代測定を行い, CAI の加熱溶融の年代を求めた。

試料の観察と元素分析, 結晶方位解析は FE-SEM-EDS-EBSD システム (JEOL JSM-7000F; Oxford X-Max 150; Oxford HKL) を用いて行った。酸素同位体分析と Al-Mg 年代測定は SIMS (Cameca ims-1270) で行った。

EK1-04-2 は約 2 mm の大きさの CAI 破砕片で, 主にスピネル, アノーサイト, オリビン, ディオプサイドから成る。二次変質鉱物のネフェリン, ソーダライト, 鉄に富むオーサイトの一部が見られる。EK1-04-2 は, 構成鉱物の量比と化学組成の違いによりコア部とマントル部に分けられる。コア部では, 自形のスピネルが他鉱物の結晶に囲まれている。アノーサイトは自形から半自形を示す。オリビンは半自形から他形を示し, 自形のアノーサイト, スピネルと接する。ディオプサイドは他形を示し, スピネル, オリビンを囲む。したがってコア部の構成鉱物の結晶化順序は, スピネル, アノーサイト, オリビン, ディオプサイドの順となる。マントル部はコア部と同じ鉱物組み合わせだが, スピネルの量がコア部より少なく, 他形を示すスピネルとアノーサイトが見られ, ディオプサイドが Mg に富み Ti に乏しいという特徴の違いがある。

構成鉱物の酸素同位体組成は CCAM ライン上で分布した ($\delta^{18}\text{O} = -44$ から $+9$ パーミル)。スピネルはコア・マントル部両方で ¹⁶O に富む ($\delta^{18}\text{O} \sim -43$ パーミル) 均一な組成をもっていた。一方でアノーサイトはコア・マントル部両方で均一に ¹⁶O に乏しい ($\delta^{18}\text{O} \sim 8$ パーミル)。オリビンとディオプサイドは, コア部とマントル部で異なる組成を示した。コア部のオリビンとディオプサイドは均一な酸素同位体組成を示し, スピネルとアノーサイトの中間の値を示した ($\delta^{18}\text{O} \sim -15$ パーミル) が, マントル部のオリビンとディオプサイドはコア部のものよりも ¹⁶O に乏しくその同位体組成は不均質であった ($\delta^{18}\text{O} = -13$ から -4 パーミル)。つまり, 酸素同位体組成から見ると, この CAI はスピネルの結晶化作用, コア部のオリビンとディオプサイドの結晶化作用, マントル部のオリビンとディオプサイドの結晶化作用に大別され, マントル部のオリビンとディオプサイドとは互いに化学平衡の関係にない。

Al-Mg 分析のアイソクロン図から, コア部のスピネルは $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}_0 = (3.52 \pm 0.15) \times 10^{-5}$ の傾きを持つ線上にプロットされるが, コア部のオリビン, ディオプサイド, アノーサイトは $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}_0 = (5 \pm 5) \times 10^{-7}$ の傾きを持つ線上にプロットされた。この傾きの差は約 460 万年の年代差に相当する。一方で, マントル部のオリビンとディオプサイドはコア部のオリビン, ディオプサイド, アノーサイトからなる直線の下側にプロットされた。

以上の岩石学的組織と酸素同位体分布から, コア部は次のように形成されたと考えられる。¹⁶O に富む組成をもつスピネルを含んだ EK1-04-2 前駆 CAI が部分溶融を経験した。そのメルトと ¹⁶O に乏しい初期太陽系星雲ガスとの間で酸素同位体の交換が起こり, 部分溶融メルトから ¹⁶O に乏しいオリビン, ディオプサイド, アノーサイトが再結晶化した。この部分溶融イベントはスピネル形成から約 460 万年後に起こり, 溶融温度は約 1600K であった。次に, この周りに Al-rich コンドリュールのような ¹⁶O に乏しく $\delta^{26}\text{Mg}_0$ 値の低い物質が少量付着し, 再び部分溶融と固結のイベントを経験した。アノーサイトだけが最も ¹⁶O に乏しい酸素同位体組成をもつのは, この CAI がアエンデ隕石母天体に取り込まれた後に起こった熱変成作用の結果と考えられる。

本研究から, この CAI は原始太陽系円盤中で少なくとも約 460 万年間漂っており, その間に複数回の加熱溶融イベントを経験していたことがわかった。

キーワード: Al-Mg, CAI, SIMS, 酸素同位体, 初期太陽系星雲

Keywords: Al-Mg, CAI, SIMS, oxygen isotopes, solar nebula