

Mn-Cr 法を用いた IIIAB 鉄隕石の年代測定

Mn-Cr Chronology of IIIAB Iron Meteorites

星野 宏和[1], 杉浦 直治[1]

Hirokazu Hoshino[1], Naoji Sugiura[2]

[1] 東大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo, [2] Earth & Planet. Physics. Univ. of Tokyo

IIIAB 鉄隕石中には Mn が濃集しているリン酸塩があるため、Mn-Cr 法(半減期 3.76[Myr])が適用できる。イオンマイクロプローブによる Cr 同位体比測定から、HED 隕石母天体の分化後、約 1-7[Myr]経過して閉鎖系になったという結果が得られた。また、閉鎖系になる温度は約 880[K]、冷却速度は従来考えられていた値(約 1-10[K/Myr])よりも 10 倍程度速い約 50[K/Myr]が妥当な値であると見積もられた。さらに 6[Myr]程度の有意な年代のばらつきに関しては、鉱物毎に閉鎖系になる時期が違うという解釈と、複数の母天体起源であるという解釈が可能である。

原始太陽系でのイベントは数 10[Myr]のタイムスケールで起きたと考えられている。そこで、短寿命放射性核種による年代測定法を用いて、小惑星の分化から核(鉄隕石)の固化にかけての年代について議論する。IIIAB 鉄隕石(El Sampal[IIIA], Bella Roca[IIIB], Grant[IIIB])中には Mn が濃集しているリン酸塩(troilite 中に存在する sarcopside/grafonite, beusite($\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mn}<0.5$)や、sarcopside 中に存在する johnsomervilleite)があり、Mn-Cr 法(半減期 3.76[Myr])が適用できる。そこで、イオンマイクロプローブによる Cr 同位体比測定を行った。

アイソクロンから、リン酸塩中で Mn-Cr 系が閉鎖系になったのは、HED 隕石母天体のマントル-地殻分化後、約 1-7[Myr]経過してからであるという結果が得られた(Cr 同位体異常のうちで宇宙線照射による寄与はごくわずかである)。リン酸塩の形成に関して、sarcopside/grafonite 形成後に johnsomervilleite が形成されたという議論がなされていた(Olsen et al.(1999))が、これらのリン酸塩の年代差は見られなかった。但し、beusite に関しては、sarcopside/grafonite, johnsomervilleite よりも後の年代を示している。このことは、beusite 中では Mn の拡散が他のリン酸塩と比べて速く進むために、閉鎖系になるのはより低温の状態、すなわち、より後の時期であるためと解釈できる。

次に、Mn-Cr 年代がどのような年代を意味するのか、どのような状況で閉鎖系になったのかについて議論する。ここでは、外部と Mn, Cr の出入りがなくなり、リン酸塩中で Mn の拡散が進まなくなった時点で Mn-Cr 系が閉鎖系になったと考える。冷却速度、リン酸塩中での Mn の拡散距離、拡散係数(拡散 profile)から閉鎖系になる温度(closure temperature)(Dodson(1973,1976))を計算すると、約 880[K]であると見積もられた。また、Mn-Cr 年代と組み合わせて考えると、隕石母天体の核-マントル-地殻の分化(約 1500[K])、核の固化による phosphide の形成(約 1240[K])、phosphide の酸化によるリン酸塩の形成(約 1000[K])を経て、閉鎖系になった温度における冷却速度は約 50[K/Myr]が妥当な値であると考えられる。これは冷却速度が従来考えられていた値(約 1-10[K/Myr])よりも 10 倍程度速いのではないかという最近の議論(Hopfe and Goldstein(2001))を支持する結果になっている。

IIIAB 鉄隕石のリン酸塩(sarcopside/grafonite)中で Mn-Cr 系が閉鎖系になった年代には 6[Myr]程度の有意なばらつきがある。これには大きく分けて 2 つの解釈が考えられる。(1)Mn の拡散係数がリン酸塩の種類(sarcopside/grafonite)によって異なるならば、年代のばらつきは鉱物毎に閉鎖系になる時期が違うためであると解釈できる。(2)Mn の拡散係数がリン酸塩の種類(sarcopside/grafonite)によらず同じであるならば、IIIAB 鉄隕石のように化学的に連続しているグループではあるものの、1つの母天体の核起源であるとする従来のコアモデルだけによる解釈は難しいと考えられる。この場合は、複数の母天体の核起源であるという解釈、または、1つの母天体であっても金属 Fe-Ni があらゆる場所に存在するという解釈(ブドウパンモデル)が可能である。