

惑星形成時の衝撃融解過程の実験的解明

Experimental study of shock melting process at the time of planetary formation

津曲 祐衣 [1]; 高橋 栄一 [2]; 鈴木 敏弘 [3]

Yuki Tsumagari[1]; Eiichi Takahashi[2]; Toshihiro Suzuki[3]

[1] 埼玉大・教育; [2] 東工大・理・地球惑星; [3] JAMSTEC, IFREE

[1] Education, Saitama Univ.; [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.; [3] IFREE / JAMSTEC

最近の地球形成論では、核とマントルの分離は深さ 1000 km を越す深いマグマオーシャンの底で起きたと考えられている (e.g. Wood & Halliday, 2005)。しかし、いん鉄・石鉄いん石に見られるように、小惑星サイズの天体でも金属核の分離が起きた場合がある。金属 珪酸塩分離が、小天体衝突時に起きたという仮説を検証するために、衝撃加熱実験により惑星集積時のダイナミックな環境を再現し、溶融過程の観察を試みた。

Nishio (2008 東工大修士論文) は物質材料研究機構 NIMS の 1 段式火薬銃を用いて、隕石が衝突した瞬間における融解を再現した。隕石のアナログとして、Fe(粉末にしたスポンジ鉄) とカンラン岩 (KLB-2) の様々な割合の混合物 (Fe とカンラン岩が、50:50, 40:60, 30:70 (wt%) で混ぜたもの) を出発物質に用いた。衝撃実験では加熱時間は 1/100 秒程度であるにもかかわらず、最大 50 μm に達する溶融 Fe メルト球が成長することが明らかになった。本実験では Nishio(2008) の実験結果を踏まえ、出発物質のカンラン岩と金属 Fe の混合比や粒形が融解後の組織に与える効果を解明するため、ピストンシリンダー装置 (東工大) を用いて、2 種類の瞬間加熱実験を行った合計 40 回行った。

第一の実験では、異なる粒子サイズ (75 μm と 75-150 μm) のカンラン岩を用いて、Fe とカンラン岩の量比を変えたときに Fe メルトがどのような分布をするか調べた (Fe とカンラン岩は、60:40, 50:50, 40:60, 30:70 (wt%) で混ぜたものを用いた)。出発物質はグラファイトカプセルに封入した。実験方法は、1GPa で 100 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で 700 $^{\circ}\text{C}$ まで上昇させ 30 分保持、さらに 100 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で 1300 $^{\circ}\text{C}$ (カンラン岩のソリダス直上) まで上昇させ 10 分保持、その後 1300 $^{\circ}\text{C}$ から 1600 $^{\circ}\text{C}$ まで瞬間的に温度を上げ (鉄のリキダス直上である約 1550 $^{\circ}\text{C}$ までは 20 秒ほどで温度上昇し、その後 1600 $^{\circ}\text{C}$ まで 20-30 秒かけて緩やかに上昇し、1600 $^{\circ}\text{C}$ に達してから 1 分保持した。その結果、粒子サイズの小さなカンラン岩を用いた実験では、カンラン岩が多く溶融し、小さなカンラン石が多く見られた。もともと三次元的につながっていた Fe は、瞬間的な加熱により異常な粒成長を起こした。図-1 に示す例では 1600 $^{\circ}\text{C}$ での保持時間が 10 秒と短いにもかかわらず Fe メルト球の最大のもは直径 1 mm を越える。出発物質の粒子サイズを 75-150 μm と大きくした実験では、大きなカンラン石が多く溶け残り、Fe メルトがカンラン石結晶と接するために、Fe メルトの外形は図-1 に示す様な球形にならず、複雑な形状をしている。これらの実験産物では、Fe メルトはほとんどシリケートメルトと接しておらず、カンラン石と選択的に接する傾向がある。カンラン石と Fe メルト集合体の構造はパラサイトいん石と極めてよく似ている。

第二の実験では、粒子サイズが 75-150 μm のカンラン岩を用いて、加熱時間を 1 分、10 分、30 分と長くした。長く加熱する場合、グラファイトカプセルと Fe メルトが反応する (1600 $^{\circ}\text{C}$ での保持時間がわずか 10 秒の図-1 でもその傾向が見られる)。この反応を避けるため第二の実験では、グラファイトの代わりに MgO カプセルに試料を封入した。第一の実験と同様に 1600 $^{\circ}\text{C}$ まで温度を上げたのち、1600 $^{\circ}\text{C}$ に達してからの保持時間を 1 分、10 分、30 分とした。すべての結果で大きなカンラン石が見られ、Fe メルトはカンラン石と接して複雑な形に成長している。保持時間を長くすることでシリケートメルトが分離するという結果は得られなかった。しかし、驚くことに Fe メルトの形、分布には加熱時間による変化が見られなかった。多くのカンラン石に囲まれた Fe メルトの形は、加熱約 1 分以内に決まると考えられる。本実験の結果から、Fe とカンラン石の集合体であるパラサイトいん石は小天体の衝突直後に形成された衝撃融解の痕跡ではないかと考えられる。

