

太陽系星雲におけるコンドリュール同士の衝突速度の実験的推定

The Experimental Estimation of the Collisional Velocities between Two Chondrules in the Solar Nebula

高田 昌和[1], 香内 晃[2], 荒川 政彦[2], 橋元 明彦[3]

Masakazu Takada[1], Akira Kouchi[2], Masahiko Arakawa[3], Akihiko Hashimoto[4]

[1] 北大・理・地球惑星, [2] 北大・低温研, [3] 北大・理・地惑

[1] @, [2] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ, [3] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ., [4] Planet, North U.

コンドリュール形成のメカニズムを解明するためには、コンドリュール形成時の物理条件を押えることが重要である。現在までに、加熱温度、加熱時間、冷却速度などの条件は推定されているが、速度に関する情報は少ない。本研究の目的は、実験的にコンドリュールの衝突実験を行い、その結果を用いて隕石中に見られる複合コンドリュールのコンドリュール同士の衝突速度を推定することである。

1. はじめに

コンドリュール形成のメカニズムを解明するためには、コンドリュール形成時の物理条件を押えることが重要である。現在までに、加熱温度、加熱時間、冷却速度などの条件は推定されているが、速度に関する情報は少ない。本研究の目的は、実験的にコンドリュールの衝突実験を行い、その結果を用いて隕石中に見られる複合コンドリュールのコンドリュール同士の衝突速度を推定することである。

2. 実験

出発物質は天然のコンドリュールと似た組成のものを用いた。グラファイトのるつぼにのせた出発物質を、赤外線ゴールドイメージ炉を用いて、真空中(10^{-2} Torr), 1500 で1~3分加熱し、急冷した。直径2.5~3.0mmの球状で、黒褐色、26.0~27.0mgのガラス玉が得られた。

次に、ガラス玉をグラファイトのホルダーにのせ、所定の温度(1500~1800)まで加熱した。溶融した球状の液滴を、ホルダーを半回転させることによって、グラファイトの漏斗に落下させた。球状の液滴は漏斗の内面を転がりながら3~4回転し、漏斗の穴から自由落下した。落下した球状の液滴は、グラファイトの平板(700~850)と衝突して変形した。2つの衝突速度、0.54 m/s, 0.63 m/s で実験を行った。衝突して変形した試料の水平方向の長さをb、鉛直方向の長さをaとし、扁平率をb/aと定義した。

3. 結果

衝突速度が0.54 m/sの時、試料の扁平率b/aは温度とともに上昇し、1.13~1.48になった。また、衝突速度が0.63 m/sの時も同様に試料の扁平率は1.00~1.53になった。このことから、速度が一定の場合、扁平率b/aは温度に依存すると言える。速度が0.54 m/sから0.63 m/sに増加した時、衝突速度とともに試料の扁平率b/aは大きくなった。したがって、試料のつぶれ具合を示す扁平率は、速度と温度に依存すると考えられる。

4. 議論

今回の実験は限られた衝突速度の実験であり、原始太陽系星雲ではより大きな衝突速度が実現していた可能性がある。そこで、より大きな衝突速度での溶融液滴の変形を議論するために、以下の解析を試みた。

溶融液滴の平面への衝突時に発生する圧力は次のように近似できる： $P=mv^2/2$ 、ここで、mは溶融液滴の密度、vは衝突速度である。衝突時に発生する圧力Pによって液滴の変形がおけると考えると、 $F\sim P$ 、ここで、Fは液滴に働く応力である。液滴をニュートン流体と仮定すると、ひずみ速度 de/dt は次のようになる： $de/dt = F/k$ 、ここで、kは液滴の粘性係数であり温度に依存する。また、ひずみeは、変形時間をTとすると $e = deT/dt$ 、で与えられる。変形時間Tは最大次の値をとる： $T=(b/a)/v$ 。以上から、扁平率b/a(=e)と粘性kと衝突速度vの間には次の関係が成り立つことがわかる： $b/a=(b/a) = c \cdot mv/k$ 。これにより、実際の複合コンドリュールが、どのような速度と温度で衝突したかを、コンドリュールの扁平率から推定することが可能になった。