

高速気流による液体の分裂とコンドリュールのサイズ分布

Breakup of liquids by high velocity flow and size distribution of chondrules

門野 敏彦[1]; 荒川 政彦[2]

Toshihiko Kadono[1]; Masahiko Arakawa[2]

[1] IFREE; [2] 北大・低温研

[1] IFREE; [2] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

高速気流による液体の分裂とコンドリュールのサイズ分布

門野敏彦 (IFREE)

荒川政彦 (北大低温研)

コンドリュールは前駆物質が加熱されいったん溶融したあと、冷却されて出来たとされているが、加熱機構など具体的な過程についてはまだよくわかっていない。コンドリュールの物理的特徴の一つはそのサイズ分布である。今回コンドリュールのサイズ分布が「溶融状態での分裂」により再現できるのか、について考察する。

以下のような状況を考える。コンドリュールの前駆体グレインが高速気流にさらされ、加速・加熱される。加熱が十分ならグレインは溶融する。現在考えているサイズスケール (~ 0.1 mm-1 cm) ではグレイン全体の温度が上昇する時間スケールより液体部分の変形・分裂する時間スケールの方が短いので、液体部分は全体が融ける前に分裂すると考えられる。つまり、液体の分裂は液体層が固体の周りに付着した状態から起こる、とする。

高速気流を発生させるために北海道大学低温科学研究所の衝撃波管 (長さ: 高圧部 0.5 m, 低圧部 1 m, 断面サイズ: 6 cm x 6 cm (矩形)) を使って実験を行った。今回の装置では衝撃波は弱いため岩石を溶融させることはできない (マッハ数 1.01 ~ 1.12)。そこで水を氷またはオリビン球の「コア」に付着させ、衝撃波管低圧部に設置して実験を行った。水は重力のためコアから垂れ下がるので、衝撃波管を縦型にして高速気流を下方から上方に送り、直接水に吹き付けるようにした。

これまでの高速気流による液滴 (コアなし) の分裂実験から、分裂の境界やモードは Weber 数と Ohnesorge 数に依存していることが知られている。特に、Ohnesorge 数が ~ 0.1 以下では分裂のモードは Weber 数のみに依存する。実際のコンドリュールの組成を持つ物質では 1900 K で粘性率はおよそ 0.1 (Pa s) 程度である。このとき Ohnesorge 数は ~ 0.01 程度であり、分裂過程における粘性の効果は無視できると考えられる。またこの値は水の値に近く、今回の実験でもコンドリュールの生成過程を模擬できていると思われる。

高速気流による液体の変形・分裂の様子を高速度デジタルビデオカメラによって撮影し、分裂後のサイズ分布を調べた。カメラの撮影速度は 3 千 - 4 千コマ/秒、露出時間は 10~20 マイクロ秒、1 画面の画素数は 640 x 256 ピクセルである。画面上の「破片」の面積から、形状を球と仮定してサイズを求めた。破片の積算個数分布 (あるサイズ以上の液滴破片の個数) は指数関数で表されることがわかった。また、片対数でプロットした際の分布の傾き (平均サイズ) は、Weber 数とともに減少することがわかった。

実際のコンドリュールのサイズ分布も積算個数分布は指数関数で表すことができ、平均サイズを求めることができる。実験から求められた初期液体層の厚さで規格化された平均サイズと Weber 数の関係式を使って、これらのコンドリュールの平均サイズからそれらの分布をつくった高速気流の圧力を求めた。様々な分布から求めた値はどれもおよそ 10 kPa であった。この値はコンドリュール生成モデルの一つの拘束条件となる。