

## 衝撃波加熱コンドリュール形成モデル：蒸発による冷却と衝撃波後面のガスの動圧の効果

### Shock-wave heating model for chondrule formation: Latent cooling due to evaporation and effect of ram pressure

# 三浦 均[1], 中本 泰史[2], 須佐 元[3]

# Hitoshi Miura[1], Taishi Nakamoto[2], Hajime Susa[3]

[1] 筑波大・宇宙物理, [2] 筑波大・計物セ, [3] 筑波大計算物理学研究センター

[1] Astrophysical Sci., Tsukuba Univ, [2] CCP, Univ Tsukuba, [3] CCP, University of Tsukuba

ほとんどのコンドライト隕石には、コンドリュールと呼ばれる直径 1 mm 程度の球状の組織が含まれている。このコンドリュールは、かつて原始太陽系星雲内に存在したダストがなんらかの物理過程で加熱されて融解し液体状態となり、その後急冷されてできたものであると考えられている (Jones et al. 2000)。ダストの融点はおよそ 2000K にも達するが、これは当時の星雲内に激しい加熱現象が存在していたことを示唆している。コンドライト隕石のほとんどにコンドリュールが含まれているという事実は、激しい加熱現象を伴うコンドリュール形成が原始太陽系星雲内で普遍的に生じていたことを示唆するため、太陽系形成論に対して重要な手がかりを与えるものと期待される。

ダスト加熱機構として考えられているものに、星雲内に生じた衝撃波による加熱モデルがある (e.g., Iida et al. 2001)。衝撃波後面ではガスとダストが相対的に動いていて、摩擦によってダストが加熱される。このとき、現在得られるコンドリュールとの化学組成との比較により、ダストの最高温度や加熱時間に対して制限が加えられる。つまり、2000 K を超えるような高温状態を長時間続けると、現在観測されているコンドリュールの化学組成が説明できなくなるため、ダストの最高温度が高くなりすぎないことが必要となる (Connolly & Love 1998)。また、液体のダストが安定に存在するためには、衝撃波後面においてガスの圧力がある程度高い必要がある。これらの点は、衝撃波加熱モデルではまだ詳細に調べられていない。

そこで本研究では、衝撃波加熱モデルの妥当性を明らかにするため、次の 2 点について理論モデルを用いて詳細に調べた：(a) 蒸発による気化熱冷却がダストの最高温度に与える影響、および (b) 液体ダストが安定に存在できる可能性。なお (a) では、沸点以下での一般的な蒸発も考慮した。今回は簡単のため、ダストはフォルステライト成分で構成されているとし、蒸発速度は蒸発の運動論によって与えた (Nagahara & Ozawa 1996)。また (b) では、衝撃波後面におけるガスの静水圧および動圧を考慮した。ここで動圧とは、希薄流体の一様流の中に球状の物体を置いたとき、物体表面に作用する圧力のうち静水圧以外の圧力を意味する。

その結果、次のようなことが分かった。(1) ダストの最高温度は蒸発に伴う気化熱冷却によって抑えられる。すなわち蒸発は、ダストの最高温度が高くなりすぎないようにする役割がある。この効果は、ダストの温度が 2000K を超えるとより顕著になる。(2) ダストが融解されるほどの激しい加熱を受ける強い衝撃波では動圧も大きくなり、ダストが液体として安定に存在するための高い圧力が実現される。以上のことは、衝撃波加熱モデルがコンドリュール形成機構として妥当なモデルであることを示唆している。

参考文献：(1) Jones, R. H., T. Lee, H. C. Connolly, Jr., S. G. Love, and H. Shang 2000. Formation of chondrules and CAIs: Theory vs. observation. In *Protostars and Planets IV*, pp. 927-962. Univ. of Arizona Press, Tucson. (2) Iida, A., T. Nakamoto, H. Susa, and Y. Nakagawa 2001. A shock heating model for chondrule formation in a protoplanetary disk. *Icarus* 153, 430-450. (3) Connolly, H. C., and S. G. Love 1998. The formation of chondrules: Petrologic tests of the shock wave model. *Science* 280, 62-67. (4) Nagahara, H., and K. Ozawa 1996. Evaporation of forsterite in H<sub>2</sub> gas. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60 No.8, 1445-1459.