

## 衝撃波加熱コンドリュール形成モデル：運動論的な蒸発の効果について

## A Shock Heating Model for Chondrule Formation: on the effect of kinetic evaporation

# 三浦 均[1], 中本 泰史[2], 飯田 彰[3], 須佐 元[4]

# Hitoshi Miura[1], Taishi Nakamoto[2], Akira Iida[3], Hajime Susa[4]

[1] 筑波大・宇宙物理, [2] 筑波大・計物セ, [3] 神戸大・自然, [4] 筑波大計算物理学研究センター

[1] Astrophysical Sci., Tsukuba Univ, [2] CCP, Univ Tsukuba, [3] Graduate School of Science and Technology, Kobe Univ.,

[4] CCP, University of Tsukuba

衝撃波加熱によるコンドリュール形成は、コンドリュール形成の有力なモデルの一つだと言われている。しかし、コンドリュールの前駆体であるダストの加熱に伴う蒸発現象については、今までは沸点における蒸発のみが考慮されていた。本研究ではこの点を改善し、沸点以下の温度においても起きている蒸発の速度を分子運動論を用いて見積もり、数値計算を行った。その結果、ダストがほとんど蒸発してしまうほどの加熱を受けるような衝撃波の条件に対しては、ダストの蒸発量は今までのモデルとほぼ同じであることが明らかになった。これは、ダストが完全に蒸発する条件には分子運動論的な蒸発の寄与が小さいことを示している。

コンドライトと呼ばれる隕石のほとんどには、コンドリュールと呼ばれる直径 1mm 程度の球状の組織が含まれている。コンドリュールは、前駆体であるダストが原始太陽系星雲の内部で一度融解されたあと、急激に冷やされてできたものであると考えられている (Hewins and Radomsky 1990)。

このコンドリュール形成の有力なモデルのひとつに、衝撃波加熱のモデルがある。同じ速度で運動しているダストとガスの集団が、原始太陽系星雲の内部に発生した衝撃波に突入すると、ガスは衝撃波後面で急激に減速される。ガスが急激に減速された領域にダストが突入することで、ガス抵抗でダストが加熱されるというモデルである。

衝撃波加熱によるコンドリュール形成は、既にいくつかの数値計算が行われている (Hood and Horanyi 1991, Iida et al. 2000)。しかし、コンドリュールの前駆体であるダストの加熱に伴う蒸発現象については、今までのモデルでは沸点における蒸発のみを考慮していた。しかし、実際には沸点より低い温度においてもダストは蒸発しているため、ダストの蒸発現象を考える上ではこの蒸発の効果も考慮に入れなければいけない。本研究では、沸点以下の温度において起きている蒸発を分子運動論を用いて見積もり、数値計算を行うことにより、衝撃波加熱に対して運動論的な蒸発の影響を調べることを目的とした。

今回は簡単のため、ダストの成分はフォーステライト成分、星間ガスは水素ガス成分だと仮定した。フォーステライトの蒸発実験によると (Nagahara and Ozawa 1996) 沸点以下の温度における蒸発速度は周囲の水素ガスの分圧の平方根に比例する。したがって、ダストの蒸発速度を見積もるためにはダスト周囲の水素ガスの圧力を知る必要がある。衝撃波加熱のモデルでは、ダストはガスの中を数 10km/sec の相対速度で動いているので、ダスト周囲の水素ガスの圧力としては、衝撃波後面の静水圧に加えて動圧を考慮した。

運動論的な蒸発を考慮して数値計算を行った結果、運動論的な蒸発によって潜熱が奪われるためにダストの温度は上がりにくくなり、結果的に沸騰による蒸発は今までのモデルと比べて減少する傾向が見られた。しかし、運動論的な蒸発を加えたトータルの蒸発量と比べると、ダストがほとんど蒸発してしまうほどの加熱を受ける衝撃波の条件 (衝撃波面への突入速度、衝撃波前面のガス密度など) に対しては、ダストの蒸発量は今までのモデルと比べて大きな違いは見られないことが分かった。この結果は、衝撃波加熱においてダストが完全に蒸発する条件を考えると、運動論的な蒸発は大きな寄与を与えないことを示している。

また、一般に圧力が小さいと考えられている原始太陽系円盤の内部でダストが液体として存在できたかどうかということは、今までの衝撃波加熱の数値計算において明らかにはされていない。本研究は、ダスト周囲の水素ガスの圧力を見積もり、ダストの平衡蒸気圧と比較することによって、原始太陽系円盤内部でダストが液体として存在できるだけの圧力が実現することを明らかにした。

Reference: (1) Roger H. Hewins and Patrick M. Radomsky "Temperature condition for chondrule formation" *Meteoritics* 25, 309-318(1990), (2) L. L. Hood and M. Horanyi "Gas Dynamic Heating of Chondrule Precursor Grains in the Solar Nebula" *ICARUS* 93, 259-269(1991), (3) Akira Iida, Taishi Nakamoto, Hajime Susa, Yoshitsugu Nakagawa "A Shock Heating Model for Chondrule Formation in a Protoplanetary Disk" (2000) submitted to *ICARUS*, (4) Hiroko Nagahara, Kazuhito Ozawa "Evaporation of forsterite in H<sub>2</sub> gas" *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol.60, No.8, 1445-1459(1996)