

衝突蒸気雲の膨張過程における電子の役割

黒澤 耕介^{1,2}, 杉田 精司¹, 門野 敏彦³

¹東大 新領域, ²日本学術振興会, ³阪大 レーザー研

要旨: 電子の挙動が衝突蒸気雲の膨張過程に与える影響を考察するために、原子の並進運動、電子励起、電離を考慮した蒸気雲膨張モデルを構築した。電離が起こると蒸気の比熱比を減少させるために、蒸気雲は緩やかに時間をかけて膨張することが示された。この結果は巨大衝突による月形成の成立条件を変化させ得る。

はじめに: ケイ酸塩蒸気は a) 原始月円盤の進化[1], b) 衝突蒸気雲内の酸化還元状態[2] など惑星科学上の重要な問題に主要な役割を果たしたと考えられている。

ところが、天体衝突で達成される極限状態での珪酸塩の状態方程式は未だ未解明であり、衝突蒸気雲の膨張過程はよくわかっておらず、月形成過程や衝突蒸気雲内での化学反応生成物には大きな不定性が残っている。特に状態方程式の不定性から衝撃圧縮-断熱解放過程時の珪酸塩の電離状態がよくわかっていないことは問題である。先行研究から化学結合エネルギーそのエネルギーが小さいことと低温でないと化学結合自体が起こらないことから膨張過程に与える影響が小さいことが示されている[3]。しかし電子が保持できるエネルギーは化学結合のそれより大きく、高温で効くために、電離/電子再結合を介したエネルギーのやり取りは蒸気雲の膨張過程に影響を与える可能性がある。

電離/電子再結合を考慮した膨張運動: 今回我々は断熱膨張中の電子挙動が蒸気雲膨張過程に与える影響を考察するために、気体の並進運動、電子励起、電離を考慮した簡単

な理論モデルを構築した。熱力学的に完全かつパラメータが少ない理想気体の状態方程式をベースに電離平衡状態にある Si と O の混合気体の比熱比 γ を計算した。 γ は気体の熱エネルギーから膨張運動エネルギーへの変換効率を支配する。等エントロピー線に沿って得られた γ を用いて、1次元球面座標の衝撃波管問題[e.g., 4]を解くことで、電子挙動が蒸気雲の断熱膨張に与える影響を評価した。高温条件下では電離によって電子がエネルギーを蓄えるので、初期の膨張速度は遅くなるが、断熱膨張によって温度が下がると電子再結合による発熱が効いて、加速が起こることがわかった。つまり電子が保持するエネルギーは蒸気雲の膨張運動を変化させるほどに大きいことが示された。

巨大衝突による月形成への影響: 電子によって蒸気雲の膨張運動が変化すると巨大衝突による月形成条件が変化する可能性がある。膨張中の蒸気の加速は原始月物質を地球周回軌道に投入するためのトルクを与える可能性があり、従来のも月形成数値計算[e.g., 5]で月ができないとされた条件での月形成が可能になる可能性がある。

参考文献: [1] Wada et al., *The Astrophysical Journal*, **638**, 1180-1186, 2006. [2] Mukhin et al., *Nature*, **340**, 46-49, 1989. [3] Melosh, *MAPS*, **42**, 2079-2098, 2007. [4] Kurosawa & Sugita, *JGR*, **115**, E10003, doi:10.1029/2010JE003575, 2010. [5] Canup, *Icarus*, **168**, 433-456, 2004.