

宇宙速度衝突時のケイ酸塩の電離

○黒澤耕介, 門野敏彦, 杉田精司, 重森啓介, 弘中陽一郎, 尾崎典雅, 城下明之, 長勇一郎, 境家達弘, 藤岡慎介, 橋省吾, T. Vinci, 兒玉了祐, 松井孝典

1. 東大 新領域, 2. 学振, 3. 阪大レーザー研, 4. 阪大 工, 東大 理, 5. 阪大 理, 6. LULI/Ecole Polytechnique, 7. PERC/Chitech

1. はじめに

衝突蒸発現象は巨大衝突による月形成 [e. g., 1], 生命前駆物質形成 [2] といった惑星科学上の重要問題と密接に関わっている。ところが, ケイ酸塩を蒸発させるほど強い衝撃波を作り出すことが困難であったために, 実験的研究が進まず, 状態方程式に不定性があり, 衝突蒸発過程の理解は進んでいない。

現在我々は阪大の高強度レーザー「激光 XII 号」を用いて, ケイ酸塩の衝撃圧縮実験を進めている。惑星科学分野では急激な解放過程における相変化, 化学反応, 流体運動の理解が重要となる。我々は時間分解分光観測を行うことで, 衝撃圧縮 - 断熱解放の流れをその場観測し, ケイ酸塩の熱力学進化を捉える [3, 4]。

2. 実験方法

今回はレーザーを直接標的に照射し, 標的を衝撃圧縮する手法を用いた。以下に実験条件を示す。レーザー波長, 持続時間, 直径, 強度はそれぞれ 351 nm, 2.5 ns, 600 μm , 150 TW/cm^2 である。標的には 20 μm 厚の CH, 40 μm 厚の Al driver, 100 μm 厚の Diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) の 3 層試料を用い, 背面から分光観測を行った。分光視野, 時間, 波長範囲はそれぞれ 400 mm, -50 から 450 ns, 360-720 nm である。

3. 結果と考察

図 1 に Diopside を ~ 1 TPa まで圧縮した場合の時間分解発光スペクトルを示す。初期には黒体放射の連続光成分が現れ, その後発光輝線が観測されている。これは衝撃圧縮直後の超臨界流体状態から蒸発していくところを直接捉えたことを意味する。図 2 に分光解析で得られた温度, 電子密度の時間進化を示す。Hugoniot 上の温度は理論予測よりも大幅に低い。また真空中に断熱膨張していくケイ酸塩蒸気の温度は急激に減少すると予想されるが, レーザー照射後 ~ 50 ns まで温度ほとんど減少していない。それに対し同じ時刻で電子密度は $1/4$ に激減している。これは電子が電離/電子再結合に伴う吸熱/発熱を介して一つのエネ

ルギー貯蔵庫として振る舞い, 衝撃加熱ケイ酸塩の熱力学進化に影響を与えることを示唆する。電離に伴う吸熱は衝撃圧縮時のケイ酸塩の比熱 (C_p) を上昇させ, エントロピー増加量が上昇する。結果的に従来考えられていたよりもケイ酸塩の蒸発率が高くなることになる。また断熱解放中の電子再結合による発熱は流体運動や化学反応に大きく影響する。今回の結果はケイ酸塩の衝突蒸発過程の解明には状態方程式に電子の挙動を詳細に取り入れる必要があることを示すものである。

参考文献

[1] Wada et al., *ApJ*, **638**, 1180, 2006. [2] Mukhin et al., *Nature*, **340**, 46, 1989. [3] Kurosawa et al., *GRL*, In press. [4] 黒澤ら, *遊星人*, In press.

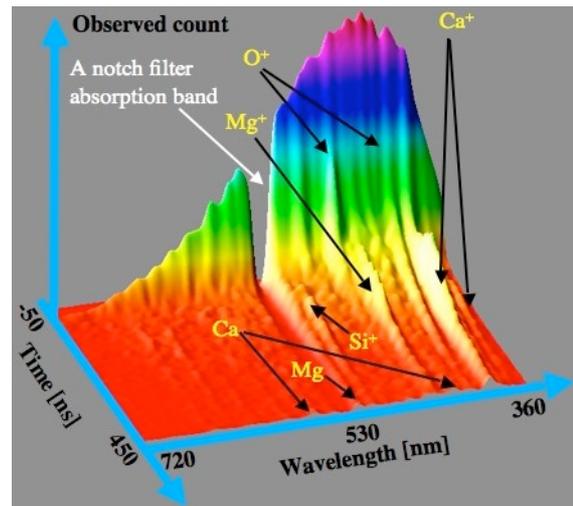


図 1. 発光スペクトルの 3-D プロット。

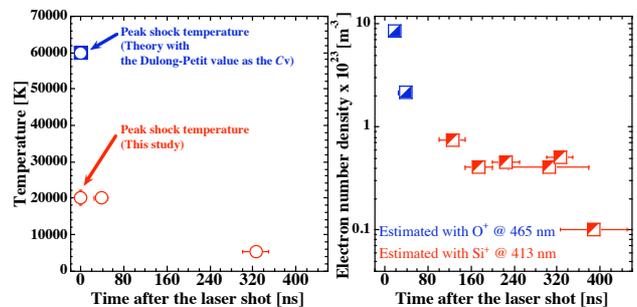


図 2. Diopside 蒸気の温度, 電子数密度の時間進化。