

発光輝線幅を用いた高温岩石蒸気の圧力計測法

A pressure measurement method of high-temperature rock vapor plumes using atomic line broadening

黒澤 耕介^{1*}, 杉田 精司¹

Kosuke Kurosawa^{1*}, Seiji Sugita¹

¹東大新領域

¹Grad. Sch. of Fr. Sci., Univ. of Tokyo

地球をはじめとする太陽系の惑星は互いに衝突を繰り返して成長してきた。アポロ月試料の年代分析から、およそ38億年前の地球-月系には現在の 10^3 倍もの頻度で、衝突が起こっていたことがわかっている。この時期は地球史を通じて外部からの物質/エネルギー流入率が最も大きく、天体衝突が天体表層環境進化を支配していた可能性が高い。衝突速度が10 km/sを超えると、内惑星を構成するケイ酸塩さえも蒸発する。衝突生成蒸気は(1)月の起源, (2)生命前駆物質の合成, (3)大気吹き飛ばし, (4)恐竜絶滅などに重要な役割を果たしたと考えられている。ところが、個々の衝突で引き起こされる相変化や化学反応はあまり理解されていない。その理由としては、従来広く用いられている2段式軽ガス銃ではケイ酸塩を蒸発させるほどの衝撃加熱を起こせないこと、時間変化の激しい衝突生成蒸気の熱力学量を測定する手法が存在しなかったことがあげられる。発光分光法は衝突現象の熱力学量測定には最適な手法である。しかし、衝突生成蒸気の圧力測定法は未確立であり、実験から全ての熱力学量を測定することができない。原子輝線は粒子同士の衝突によって幅を持つ。発光原子と最近接粒子との相互作用のみを考慮する”nearest-neighbor approximation”を用いれば、輝線幅は摂動粒子数密度の関数として解析的に与えられる。支配的な輝線広がり要因が決まれば、上記関係式を用いて、蒸気内の粒子数密度、圧力を推定することができる。手法の妥当性を検証するため、Hematite(Fe_2O_3)へレーザー照射実験を行った。得られた温度圧力は断熱膨張傾向を再現し、比熱比は1.2と妥当な値を示した。この結果は提案手法が適切に高温蒸気の圧力を測定できていることを強く示唆している。本手法は原理的に全ての発光輝線に適用可能であるため、温度圧力の同時測定を容易に行うことができる。これは繰り返し実験が困難な衝突実験においては重要な特徴である。また鉄は隕石中に豊富な元素であるため、今後の天然試料を用いた実験にも有用である。

キーワード: 衝突蒸気雲, 惑星表層進化, 温度圧力経路, 化学反応, 発光分光法, 輝線広がり

Keywords: Impact-induced vapor clouds, Evolution of surface environment on planets, Pressure-Temperature path, Chemical reaction, Emission spectroscopy, Atomic line broadening