

# 巨大スケール衝突蒸気雲中での SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素による炭素化合物の酸化

## Oxidation of carbon compounds by oxygen released from SiO<sub>2</sub> within large impact-induced vapor clouds

# 石橋 高[1]; 大野 宗祐[1]; 杉田 精司[2]; 門野 敏彦[3]; 松井 孝典[4]

# Ko Ishibashi[1]; Sohsuke Ohno[1]; Seiji Sugita[2]; Toshihiko Kadono[3]; Takafumi Matsui[4]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・新領域・複雑理工; [3] IFREE; [4] 東大・院・新領域

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Dept. of Complexity Sci. & Eng., Univ. of Tokyo; [3] IFREE; [4] Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo

惑星表面への天体の超高速衝突により発生する衝突蒸気雲中で生成するガスは、惑星の表層環境に大きな影響を与えたと考えられている。ところが、蒸気雲での化学反応は非常に複雑で、どのような組成のガスが生成するのは、よくわかっていない。

過去の蒸気雲中生成物の理論的研究には、彗星の揮発性成分のみを用いた熱力学計算などがあるが、シリケートの影響を考慮していない。この背景には、蒸気雲中におけるシリケートの挙動がよくわからないことと、難揮発性物質であるシリケートは高温で凝縮し、炭素化合物の反応には関与しないと考えられるということがある。しかし、蒸気雲を模擬する、岩石と隕石へのレーザー照射実験で生じたガスの主成分は CO、CO<sub>2</sub> という酸化的なものであった[Mukhin et al. (1989)]。Mukhin らはその原因を、シリケートからの遊離酸素による酸化であると提案しているが、酸化過程の詳細な解析は行われておらず、本当にそれが炭素化合物の酸化の原因であるのかはわかっていない。

我々は以前から、蒸気雲中においてシリケートの主成分である SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素による炭素化合物の酸化が起こるのかどうかを調べるために、レーザー照射を用いて衝突蒸気雲の再現実験を行ってきた。熱平衡計算によると、SiO<sub>2</sub> は高温では主に SiO と O<sub>2</sub> に熱分解し、遊離酸素を放出する。実験の結果、実験室スケールの蒸気雲中では、SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素のすべてが SiO と再結合するのではなく、炭素と結合することが確認された[Ishibashi et al. (2004) 日本惑星科学会秋季講演会]。

しかし、蒸気雲スケールの増加に伴い、SiO-O 再結合反応のクエンチ温度が低下するために、遊離酸素の SiO への再結合が進むと考えられる。もし SiO-O 再結合反応がクエンチして、後に残った酸素が炭素化合物の酸化に使われるのであれば、巨大スケールでは遊離酸素による炭素化合物の酸化が起こらなくなる可能性がある。したがって、この酸化が巨大スケールの蒸気雲中でも起こるのかどうかを調べる必要がある。

そこで本研究では、SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素による炭素化合物の酸化の、蒸気雲スケール依存性を調べるためのレーザー照射実験を行った。この実験の中では、SiO<sub>2</sub> の酸素のうち、SiO に再結合せずに炭素との反応に使われる酸素の割合の見積りを、蒸気雲のスケールを変えて行った。具体的にはポリエチレン-SiO<sub>2</sub> (PE-SiO<sub>2</sub>) ターゲットとエチレン ビニルアルコール共重合樹脂 (EVOH) ターゲットへのレーザー照射を行い、生成ガスの組成を四重極質量分析計で測定した。ポリエチレン (C:H=1:2) は炭素と水素のみで構成される樹脂である。EVOH (エチレン組成 44 mol%; C:H:O=1:2:0.28) は炭素と水素と酸素からなる樹脂である。生成ガスの分子組成が化学平衡で決まると仮定すると、最終生成ガスの分子組成は反応のクエンチ時の蒸気雲の温度・圧力と元素組成で決まる。両ターゲットの蒸気雲中でのクエンチ温度・圧力条件が等しいと仮定すると、生成ガスの組成が同じならばクエンチ時の元素組成が同じであることになる。EVOH ターゲットの場合と同じ組成のガスが生じる PE-SiO<sub>2</sub> ターゲットの組成を求め、両ターゲットの組成を比較することで、PE-SiO<sub>2</sub> ターゲットの SiO<sub>2</sub> 中の酸素のうち、何割の酸素が炭素との反応に使われたかを見積もることができる。ターゲット表面におけるレーザー強度は一定に保ち (~1.0x10<sup>9</sup> W/cm<sup>2</sup>)、レーザービームの直径を変える (0.5mm, 1mm, 2mm) ことで、生じる蒸気雲のスケールを変えた。結果は、炭素との反応に使われる SiO<sub>2</sub> 中の酸素の割合はすべてのビーム径において~15%で、蒸気雲スケール依存性は見られないことを示した。これは、SiO-O の再結合反応のクエンチが炭素化合物の酸化に使われる酸素の量を決めているのではないことを示唆する。これを支持する、次のような実験結果も得られている。純粋な SiO<sub>2</sub> ターゲットへのレーザー照射では酸素が生じないが、ポリエチレン SiO<sub>2</sub> ターゲットへのレーザー照射では酸素を含む炭素化合物 (CO と CO<sub>2</sub>) が生成された。これは、先程述べたことに調和的である。遊離酸素と SiO の再結合反応のクエンチで炭素化合物の酸化に使われる酸素の量が決まるのではなく、SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素が熱力学的に SiO や炭素に分配されていると考えられる。この場合、巨大スケールの蒸気雲においても、SiO<sub>2</sub> からの遊離酸素による炭素化合物の酸化が起こり得る。

参考文献: Mukhin, L.M. et al. (1989) Nature 340, 46-48.