

要旨

メタノール (CH_3OH) は、原始太陽系外側領域に存在した氷微惑星に、比較的豊富に含まれていたことが、原始太陽系星雲の理論計算、分子雲や彗星の観測からも示唆されている。近年、月の永久影内に H_2O をはじめとする揮発性分子が存在することが月探査によって明らかになった。月永久影内には、月や地球型惑星上の地質過程では生成されにくい CH_3OH も存在していたことから、これらの揮発性分子は彗星による外側太陽系からの供給によるものではないかと考えられている。しかしながら、彗星が月へ衝突する際に、 CH_3OH は熱分解された可能性もあり、これら分子の起源はよくわかっていない。一方、木星のガリレオ衛星は、周木星系円盤内の氷微衛星の集積により形成されたと考えられている。これらの氷微衛星にも、 CO 、 CH_4 、 CO_2 に比べて凝固点が高い、 CH_3OH が含まれていた可能性がある。もし CH_3OH がガリレオ衛星へ供給されれば、エウロパの内部海における化学進化を考える上での可溶性有機炭素源にもなり、また凝固点降下を起こすため、カリストやガニメデの内部海を維持する役割も果たすため重要となる。しかしながら、ガリレオ衛星の場合にも、氷微衛星の集積時の衝突で CH_3OH が分解する可能性があり、これら衛星の内部の含有炭素量もほとんど制約されていない。

そこで本研究では、レーザー銃を用いた CH_3OH 氷への高速衝突実験を行ない、衝突時の衝撃波圧力に対する CH_3OH の分解率を調べた。また、衝突に伴い生成する気体のその場分析を行ない、脱ガス化学組成の衝撃波圧力依存性を明らかにした。その結果、 CH_3OH 氷の衝突による分解は、衝撃波圧力が $\sim 7-8$ GPa に達すると開始し、衝撃波圧力の増加に伴い分解率が線形に上昇することがわかった。そして、衝撃波圧力が $\sim 27-28$ GPa で CH_3OH が完全に分解することがわかった。衝突により生成するガスは、 CO 、 CH_4 を主成分とし CH_4 に比べ CO に富むことがわかった ($\text{CO}/\text{CH}_4 > 1$)。また、衝撃波圧力の増加に伴い、 CO/CH_4 比も上昇することが明らかになった。一方、衝突時に達成される温度圧力条件での熱力学平衡組成を求めると、 CO に比べて CH_4 が多くなる ($\text{CO}/\text{CH}_4 < 1$)。 CH_3OH からの

脱ガス化学組成が、衝突実験結果と熱力学平衡計算で大きく異なる原因としては、標的内でのせん断応力による局所的加熱の影響、もしくは実験室スケールでの衝突現象では反応時間が短いために、熱力学平衡に達していない可能性が考えられる。

本研究で得られた衝撃波圧力と CH_3OH 分解率の関係と、月への彗星衝突で発生する衝撃波圧力を比較した結果、彗星中に含まれる CH_3OH は完全に分解するか、分解を免れるものは月の脱出速度を超えて宇宙空間に散逸することが示唆された。そのため、月永久影内の CH_3OH は、彗星などによる外因的な供給ではなく、衝突により供給された CO に太陽風起源の H が低温環境で付加して生成された可能性が高いと言える。また、ガリレオ衛星については、衝突速度が低いため、集積時の氷微衛星に含まれていた CH_3OH は分解することなく、衛星内部に供給される可能性が高いことがわかった。一方、衛星形成後に発生する高速度の彗星衝突では、氷地殻中に含まれる CH_3OH が効率的に分解することが示唆される。その場合、 CH_3OH の衝突分解によって、ガリレオ衛星には一時的に CO や CH_4 の大気が形成されていた可能性があるかもしれない。