

# 有機化合物の衝撃変成実験：氷衛星エンセラダス探査への応用と

## 隕石中の有機物変成過程の理解

キーワード：衝突実験 衝撃変成 有機物 エンセラダス 炭素質コンドライト

複雑理工学専攻 関根研究室 47-136100 児玉賢哉 終了年月 2015年

指導教官：関根康人 准教授

### 要旨

太陽系小天体に存在する有機物の構造や化学・同位体組成はそれらが生成された環境を反映しており、初期太陽系における揮発性分子の分布やこれら天体の熱史を制約するための重要な手掛かりとなる。これらの有機物は天体形成後の進化過程において、他天体の高速衝突を受けることで衝撃変成を受けると考えられる。また、探査機がこれら有機物を捕獲・回収すること自体も衝撃変成を伴う可能性がある。したがって、隕石中や太陽系探査における捕獲サンプル中の地球外有機物試料からそれらの形成時の初期情報を引き出す上でも、太陽系天体の衝突史を明らかにする上でも、有機物の衝撃変成の定量化は重要である。これまでの衝突実験では有機物の分解率に着目した研究が多く、その化学構造や元素組成の変化を調べた研究はない。近年では隕石有機物の化学構造・組成の微小分析も進んでおり、衝撃変成と有機物の化学構造の変化の定量的な対応付けは必要である。

そこで本研究では、氷衛星エンセラダスおよび C 型小惑星に存在しうる複数の模擬有機物を作成し、これに対して高速衝突実験を行った。そして、最大衝撃波圧力とそれに伴う到達温度に対する有機物の化学構造・組成の変化の関係を明らかにした。その結果、衝撃変成は有機物の組成や構造の違いにはほとんど依存せず、到達温度に依存して系統的に進行していることが明らかになった。最大衝撃波圧力 2–5 GPa、到達温度

200–300°Cでは、脱水反応に伴う有機物の縮合・重合が起きているものの、生的組成や官能基は保たれることがわかった。一方、衝撃波圧力 7–9 GPa、温度 350–500°Cでは官能基が解離することで単価が急激に進行し、初生的な情報は失われることがわかった。さらに、衝撃波圧力 11 GPa、温度 700°Cでは芳香族環の縮合が進行し、一部がグラファイト化していることも明らかになった。このような系統的な構造の変化は、静的な加熱過程での有機物の変成と共通している。

さらに、過去の研究で得られた岩石的・鉱物的特徴から衝撃変成を受けたと思われていた数種類の隕石 (GRA 06100、WIS 91600) に含まれる有機物の分析結果と、本研究の結果を比較することで、これら隕石の衝撃変成の定量化を行った。その結果、GRA 06100 に含まれる有機物は、最大衝撃波圧力 7 GPa 以上、到達温度が 350°C以上を経験していることが示唆された。一方、WIS 91600 は最大衝撃波圧力 5 GPa 以下、温度 200–300°C以下しか経験しておらず、初生的な情報を保持している可能性が高いことがわかった。

また、本研究の結果を将来の探査計画に応用した。氷衛星エンセラダスのプリュームサンプルリターン探査において、プリューム中に含まれる有機物が熱変成を起こさないためには、探査機とプリュームとの相対速度が 3 km/s 以下となる必要があることがわかった。そのような相対速度を実現するためには、探査機をエンセラダスの周回軌道に投入させるだけでなく、より軌道設計・探査機設計上コストの低い土星周回軌道からのエンセラダスへのフライバイにおいても実現可能であることがわかった。