

彗星衝突による有機分子運搬の可否

○鈴木大輝(アストロバイオロジーセンター)、柴田雄(国立天文台)、細野七月(JAMSTEC)

生命起源の解明において、初期地球に存在した有機分子の種類と量はその後の化学進化を研究するための初期条件を制約するための不可欠な情報である。有機分子の起源としては放電や熱などのエネルギーを用いた地球上での生成のほか、地上に飛来した彗星や隕石による宇宙からの持ち込みが注目されている。Pierazzo & Chyba (1999)は流体シミュレーションを用いて 1km サイズの彗星の衝突シミュレーションを行い、急な入射角の衝突を考慮することで温度が低下しアミノ酸が生存可能な領域が存在することを主張した。しかし、先行研究の計算は有機分子の生存可能性を示唆したことに留まっており体積割合は定量的に議論されていない。初期地球の有機分子起源を論じた Ehrenfreund (2002)では巨大隕石や彗星の衝撃を 10%の有機分子が生存すると仮定すれば、地球上で生成するよりも宇宙からの運搬量がおよそ 1000 倍優位になることを主張した。この推定で 10%という生存率に科学的根拠は与えられていないが、有機分子の生存率をどのように仮定するかにより初期地球の有機分子起源の前提が異なるため、生命起源研究にとって非常に重要である。

そこで本研究では有機分子生存率を定量的に推定するため、DISPHを用いて氷彗星と海洋の3次元衝突シミュレーションを行った。球形の彗星が8200粒子で構成され、半径を12粒子で分解される。初期の内部エネルギーは彗星が100 J/kg、海洋が1265100 J/kgとして、密度は917 g cm⁻³とした。状態方程式はTillotson EOS (Ice)を使用し、水の比熱を用いて内部エネルギーから温度を計算した。衝突の速度は後期重爆撃時に飛来した天体の典型的な速度の20 km/sとして、入射角をパラメータとして計算を行った。HCNなどの重要な生体分子は衝突時に1200K以下の領域で生存すると考えられていることから、1200K以下の領域の割合を低温体積割合と呼ぶこととする。計算では衝突後4秒間に渡り彗星を構成する全粒子を追跡し、低温体積割合を得た。計算の結果、入射角が75度の衝突では低温体積割合は約3%であった。70度未満の入射角では低温体積割合は0であったが、より急な入射角では低温体積割合はさらに増加した。有機分子の生存率は以下のように、異なる入射角での低温体積割合にその入射角での衝突確率を畳み込むことで推定した。

有機分子生存率 = \sum [入射角 θ で衝突する確率 x 入射角 θ で衝突した時の低温体積割合]

計算の結果、有機分子生存率は約2%であった。2%という生存率はEhrenfreund (2002)で仮定されていた値よりも小さい。しかし、Ehrenfreund (2002)と同様の後期重爆撃時の天体の飛来した質量と有機分子含有量を仮定し、今回得られた生存率を考慮して年間の供給量を概算すると、依然として地球上での年間生成率よりも200倍程度高いという推定となった。この結果は宇宙からの運搬は初期地球における有機分子の運搬に重要な役割を果たしていたと示唆する。