

惑星形成における衝突破壊の重要性

名古屋大学理学研究科 小林 浩

固体微粒子と気体からなる原始惑星系円盤のなかで惑星系形成は起こる。まず、固体微粒子が集まり、キロメートルかそれ以上の大きさの微惑星が形成される。この微惑星は十分に大きいため重力によって引き合い、衝突・合体をくり返して成長する。この結果、原始惑星が形成され、幾度かの原始惑星同士の衝突も経験し、地球型惑星が形成される。また、原始惑星が10倍の地球質量程度よりも大きくなると、原始惑星系円盤中のガスを大量に降着し木星や土星のようなガスが主成分となるガス惑星を形成する。

惑星形成において衝突・破壊は非常に重要であるが、定量的に議論されてこなかった。衝突・破壊の効果を定量的に評価し、破壊の結果の様々な物理量のうちどれが惑星形成に重要であるかを明らかにすることが求められている。その結果、一回の衝突により放出される破片の総質量が非常に重要で、その破片の最大質量や質量分布はほとんど重要でないことがわかった。また、過去の研究で無視されてきたほとんど破片が放出されないような弱い衝突が衝突・破壊を決める重要な機構であることも明らかにした。これらの重要な点を押さえ、衝突・破壊を考慮した原始惑星の形成、成長のシミュレーションを行ったところ、原始惑星の最終質量はやはり大きくなれず10倍の地球質量のような大きな原始惑星をつくることは難しい。しかし、観測されている上限程度の重い原始惑星系円盤の中で、比較的大きい100km程度の微惑星からならこのように大きな原始惑星がつかれることを示した。このような大きな微惑星は小惑星帯の天体のサイズ分布から予測される微惑星の大きさとよく合っている。木星形成はこのような環境で行われたのだろう。一方で、土星の固体核は木星に比べて大きいため、土星の形成は非常に速く行われなくてはならないという制約がある。木星ができて原始太陽系星雲にギャップがあく。その結果、ギャップに近い円盤の端では圧力極大ができる。そこでは破片とガスの公転速度が一緒になり、ガス抵抗をほとんど受けなため、破片は落下しない。その結果、原始惑星は破片を集積し、数百万年という短時間で土星の惑星核のような大きな天体が形成される。

このように衝突・破壊は惑星形成過程で大きな役割をはたす。このほかにも地球型惑星形成や小惑星帯や太陽系外縁天体やデブリ円盤形成でも重要である。これらを包括的に理解するには、衝突・破壊を考慮した惑星形成理論の構築が不可欠であり、それを達成するために必要な物理量を示すのが本研究の目的である。

多数の衝突が繰り返されて天体の分布などが決まっているが、このような衝突破壊の系を決めるのに最も必要な物理量は1回の衝突の起こったときに放出される破片の総量であり、そのエネルギー依存性である。このことを本発表によって示す。