

物体の重力(強さ G)が大きくなると、水素原子核の陽子(質量 m_p 、電荷 e)が互いに接近する。すると、このクーロン障壁(強さ k_0)を量子トンネル(\hbar)するエネルギーと重力エネルギーが同程度になり、核融合反応で光りはじめる。この構造が恒星で、宇宙に最もありふれた存在であり、その典型的な大きさは $\hbar^2 e^{-1} (Gk_0 m_p m_e^3)^{-1/2} \approx 10^9$ m となる。恒星は自己重力によって外界から独立した1つの明確な組織体であり、非常に安定な動的平衡にある。核融合反応で中心から順に重い元素をつくっていき、燃料が尽きると最期を迎え一生を終える。しかし、星は子孫を残し進化する。

星が誕生し、水素燃焼段階で最も長い時間を過ごした後、ヘリウム燃焼段階以降に進むと星は不安定になり、数日から数年の周期で明るさを変える脈動段階(変光星)となる。星の質量や圧力などで決まる固有振動だけでは説明できない、種々の変光パターンを示すことが多い。

とくに、太陽の約10倍以上の重い星(寿命は3千万年程度以下)では、核融合反応がさらに進み中心に鉄までつくる。するとガンマ線で原子核が分解し、急激に減圧した星内部は爆縮する。このとき外向きの衝撃波や大量のニュートリノが生成され、これによって外層が吹き飛ばされる(超新星

爆発)と考えられている。実際、超新星爆発は宇宙のいたるところで頻繁に観測されている。しかし一方、いままで着々と精度を上げ、最新の基礎物理を盛り込み洗練されてきたはずの理論計算では、星はまったく吹き飛ばない。超新星爆発の真のメカニズムは、いまだ大きな未解決問題である。

超新星爆発した残骸の塵やガスは再び重力で寄り集まって星が再生する。この世代交代する星の一生の連鎖により、宇宙全体の重い元素の割合が増大していく。

逆に、宇宙最初の星は重い元素をまったく含まないはずである(ゼロメタル星)。標準的な宇宙論における構造形成理論によると、初期宇宙の密度ゆらぎが成長し、宇宙誕生後2億年ごろからガスが徐々に冷却収縮し、太陽の数日から数百倍程度の星や星の集団が確かに存在するはずなのである。しかし、ゼロメタル星の痕跡がまったく見つかっていない。地球における最初の生命の誕生と同様、まず初代の星が誕生した真相が、皆目わかっていないのだ。

恒星は宇宙のいたるところで誕生している。しかし、衝突・衝撃波・乱流・磁場・冷却などの要因の複雑さも相まって、恒星誕生の必要十分条件さえも解明されていない。

会誌編集委員会