

N13a 天文学的ダスト形成環境における非定常ダスト形成過程の定式化

野沢 貴也 (東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構)、小笹 隆司 (北海道大学)

超新星放出ガス中および進化した星の星風中でのダスト形成過程の理解は、宇宙初期から現在に及ぶダストの起源・進化を明らかにする上で重要な研究課題である。定常均質核形成理論に基づいたこれまでのダスト形成の理論研究は、特に超新星でのダスト形成・進化過程をうまく説明しているが、その一方で天文学的ダスト形成環境で見られる希薄なガス中では、定常核形成率の適用は問題があるという可能性も指摘されている。

そこで我々は、クラスターおよびダスト形成過程が反応ガスのうち最も衝突頻度の小さいkey moleculeにより支配されるという仮定の下、形成時の化学反応を考慮に入れた非定常ダスト形成過程を世界で初めて定式化した。そして、ダストの形成過程や形成されるダストの凝縮効率・サイズ分布への非定常の効果を調べるため、例として、超新星放出ガス中でのCとMgSiO₃ダストの形成に上記定式を適用し、定常核形成率による計算と比較した。その結果、ダストの形成期間に渡りガスの衝突のタイムスケール τ_{coll} が過飽和比の増加するタイムスケール τ_{sat} よりもずっと短いならば、非定常計算の結果は定常計算のものと一致し、そうでなければ非定常計算はより低い凝縮効率、より大きいダスト平均半径を生じることがわかった。また様々なガスの初期密度・冷却率で計算した結果から、ダスト形成の開始時刻 t_{on} における無次元量 $\Lambda_{\text{on}} \equiv \tau_{\text{sat}}(t_{\text{on}})/\tau_{\text{coll}}(t_{\text{on}})$ が、冷却ガス中で $\Lambda_{\text{on}} > 30$ を満たしていれば定常核形成率はダストの種類に依らず適用できることも突き止めた。さらに、形成されるダストの平均半径と凝縮効率は Λ_{on} により一意的に決定されることを明らかにし、 Λ_{on} の関数として平均半径・凝縮効率の近似式を導いた。これらの近似式は、観測および理論モデルにより見積もられたガスの密度・冷却率から、超新星および漸近巨星分枝星などの星風中で形成されるダストの平均半径や形成量を予測することを可能とする。