

N03a $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応率不定性が対不安定型超新星の元素合成に与える影響

川下大響, 澤田涼, 諏訪雄大, 谷川衡 (東京大学), 守屋堯, 富永望 (国立天文台)

$M_{\text{ZAMS}} = 140M_{\odot} \sim 260M_{\odot}$ の大質量星で起こると予言されている対不安定型超新星 (Pair-instability supernova:PISN) は e^+e^- 対不安定性の影響で元素合成が暴走し生じる爆発現象である。PISN では最終的に星の全ての部分が星の重力束縛から脱出しコンパクト天体を残さないため、PISN を起こす親星質量に対応して Pair-instability mass gap (PI mass gap) と呼ばれるブラックホール不存在質量領域があると考えられていた。しかし重力波イベント GW190521 によって実はこの領域内にブラックホールが存在したことが明らかとなり、PI mass gap に関する従来の理解は修正を迫られている。

近年、PI mass gap の範囲は原子核反応、特に $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応率不定性の影響を大きく受けることが発見され、GW190521 で発見されたような $100M_{\odot}$ 近く重いブラックホールの形成を説明できる可能性として注目されている。しかし、原子核反応の不定性を考慮した場合、PISN 自体がどのような爆発となるか、特に観測的にどのような影響があるかはほとんど検討されていない。

本研究では恒星進化シミュレーションコード MESA を用いて、PISN において $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 不定性が元素合成、特に超新星の最大光度を支配する ^{56}Ni の合成量に与える影響を検討した。この結果、同じ質量の親星について見ると $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応率が高い環境のほうが獲得する爆発エネルギーは大きく、また ^{56}Ni の生成量は多くなることが明らかになった。また、 $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応率が低い環境のほうが重い親星でも PISN を起こすことがわかった。重い親星で PISN を起こすためには多くの爆発エネルギーが必要であるため、低反応率環境の方が反応率ごとに生成する最大 ^{56}Ni 量は多く、また最大爆発エネルギーも大きくなることが見いだされた。