

C08a コールド r プロセスと第一世代星の年齢

和南城伸也 (東大天文)

鉄より重い元素の半分(金, プラチナ, ウランなど)の起源である r プロセスがどこで起きているかについては, いまだに明確な結論が得られていない。しかしながら, 最近の大型望遠鏡による銀河ハローの金属欠乏星の観測により, r プロセスは, 少なくとも超新星爆発で起きていることは間違いないであろうと考えられている。また, r プロセス過剰星の長寿命放射性元素ウランとトリウムを観測値と元素合成の理論値を用いた「U-Th 年代学」により, これらの金属欠乏星の年齢は 130~140 億年程度と推測されている。しかし, ウラン, トリウムの生成と相関の強い, 鉛の観測値が理論値の半分程度しかないという問題により, この年代測定法の信頼性には疑問が残されたままになっていた。

一方, r プロセスが起きる基本的な物理条件については, 過去 50 年にわたってほぼコンセンサスが得られていた。すなわち, (i) 高温 (10⁹ K 程度) 環境下における, 中性子捕獲と光分解の熱平衡 ($\tau_{n\gamma} \approx \tau_{\gamma n}$), そして, (ii) 高密度環境下における, ベータ崩壊に対する中性子捕獲の優位 ($\tau_{n\gamma} \ll \tau_{\beta}$) である。

本講演では, 超新星爆発の際に原始中性子星から生じる「ニュートリノ風」における, 上とは異なる低温環境下 (10⁸ K 程度) での r プロセス (cold r-process) について述べる。超音速のニュートリノ風では温度が急激に下がり, (i) の条件が成り立たない ($\tau_{n\gamma} \ll \tau_{\gamma n}$)。さらに, 急激な密度の低下により, (ii) の条件も成り立たない ($\tau_{n\gamma} \sim \tau_{\beta}$)。このような, これまでとは全く異なる条件にも関わらず, 太陽系や金属欠乏星の r プロセス組成比が再現される。さらに, cold r-process では, 金属欠乏星に見られる鉛の低い観測値を再現する。したがって, 鉛を含めた「U-Th-Pb 年代学」により, これら金属欠乏星の年齢を高い精度で推定することが可能となる。