

Z118b Ia型超新星残骸 Tycho に付随する “Fe knot” の組成と起源

山口弘悦 (NASA/GSFC), 他

超新星残骸の X 線観測は、爆発噴出物 (イジェクタ) の化学組成や空間分布の調査を通して親星の爆発・元素合成メカニズムの本質にせまる有効な手段である。Ia 型超新星 SN 1572 の残骸 Tycho SNR は、層状に分布する Si や Fe のイジェクタに加えて、順行衝撃波面よりも外側に突出したクランプ状の局所構造を持つことが知られる。クランプは Fe の K 殻輝線で明るいため “Fe knot” と呼ばれ、その質量は $0.01M_{\odot}$ 程度である。

一般に Ia 型超新星の元素合成過程において、Fe は他の鉄族元素 (Cr, Mn, Ni) と同時に作られるため、その残骸の任意の局所領域においても両者は必ず共存する。しかし「すぎく」および Chandra による観測の結果、Fe knot からは Fe $K\alpha$ 以外の輝線が一切検出されず、ほぼ純粋な「鉄の塊」であることが初めて示された (Yamaguchi et al., ApJ in press; arXiv:1611.06223)。プラズマの電離状態等を厳密に考慮した分析の結果、Cr/Fe, Mn/Fe, Ni/Fe の質量比上限値はそれぞれ 2.3%, 1.2%, 2.9% と求められた。この組成比を実現できる元素合成レジームは極めて限定的であり、(1) $T_{\text{peak}} = 5.3\text{--}5.7\text{ GK}$ かつ η (neutron excess) $\lesssim 2.0 \times 10^{-3}$ を満たす C+O 白色矮星の一部 (具体的には不完全ケイ素燃焼一核統計平衡間の遷移領域) か、(2) He 外層を持つ白色矮性の完全ヘリウム燃焼のいずれかしかない。両シナリオとも既存の爆発モデルの範疇では観測される局所構造を説明できないため、本結果は Ia 型超新星の爆発機構解明に向けた新たな切り口になりうると期待できる。講演を通じて日本の理論研究者の方々からアイデアを賜うことができれば幸いである。