

Th-Eu 核年代計による  
銀河年齢の評価は可能か?  
大槻かおり (国立天文台)

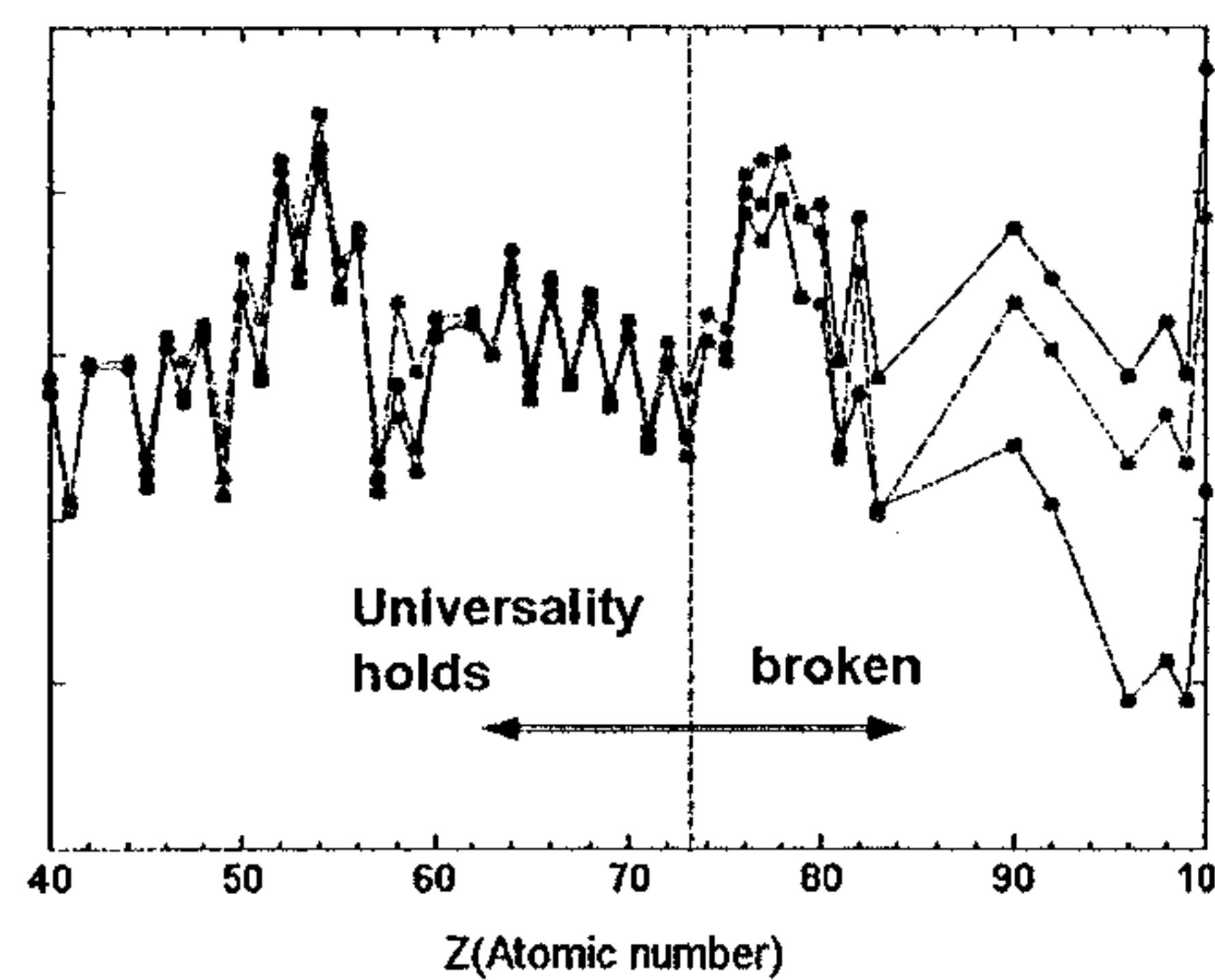
r過程元素合成において生成される放射性重元素  $^{232}\text{Th}$  は、宇宙年齢と同程度の半減期 ( $\tau_{1/2} \sim 14$  Gyr) を持つため、宇宙年齢の評価に適用できると期待されている。金属欠乏星の大気中の  $^{232}\text{Th}$  を測定し、生成時からの減少量を求めることがければ、この  $^{232}\text{Th}$  が生成されてから経過した時間がわかる。この経過時間は、その金属欠乏星の年齢に等しいと考えられる。金属欠乏星の年齢は銀河系の年齢の下限、ひいては宇宙年齢の下限を示す。 $^{232}\text{Th}$  の減少量は同じく r過程元素合成において生成される Eu などの安定核との比として比較される。この方法は、これら r過程元素が毎回同じ比率で生成されること (r過程元素合成の universality) を前提としている。いくつかの金属欠乏星が  $Z > 56$  で太陽系の r過程元素と同じ組成パターンを示す観測が報告されており (Sneden et al. 2000 他)、この universality は成立しているものと考えられていた。

一方で、universality の破れを示唆するような観測が報告されている。CS31082-001 は初めて U が検出された星であり、U-Th を用いて評価した年齢は 12.5 Gyr である (Cayrel et al. 2000)。しかしこの星の Th は太陽系の組成よりも多く、Th-Eu 年代計は機能しない。また、Th、U は崩壊後 Pb になるが、この星の Pb は太陽系よりも少ない値を示している。この観測は、この星の r過程元素は、すくなくとも  $Z > 70$  では太陽系とは異なる比率で生成されたことを示している。

この星においても、 $56 < Z < 70$  の領域では universality はよく成り立っている。この領域における観測を再現するような 3通りの理論計算を図に示す。それぞれの組成比は異なる環境のもとの r過程の結果を示す。 $56 < Z < 70$  の領域ではどの場合も一致しているが、アクチノイドを含む  $70 < Z$  の元素組成は大きく異なっている。アクチノイド類の生成比は、Eu などの安定核に比べて環境の影響を強く受けることがわかる。 $56 < Z < 70$  の領域で universality を示していたとしても、それがアクチノイド系列まで保たれているとは限ら

ないといえる。r過程元素合成はその性質上、爆発的な天体现象において起きると考えられているが、具体的に超新星爆発なのか、中性子星の合体なのか、あるいはより高エネルギーの他の現象なのか、議論が続いている状態である。また現時点ではこれらの爆発現象の標準的な数値計算もなく、r過程元素合成が実際にどのような環境のもとで起きているのかは明らかではない。理論的に生成時の Eu-Th 比を求めるためには、r過程元素合成の起きる環境を確定することが必要である。また、原子核物理の不定性も困難の一つである。観測を再現するような環境で計算すると、核分裂を考慮する必要がある。また、元素合成の計算結果は用いた質量公式などによって異なる。

いくつかの金属欠乏星に Th-Eu 核年代計を適用し、10 ~ 20 Gyr の妥当な値が得られることが今までに報告されている。しかし、上記のことを考慮すると、Th-Eu 核年代計の適用は危険である。Th-Eu 核年代計を適用 (あるいは適用できないことを判断) するためには、(1) より多くの金属欠乏星について精度よく r過程元素 (特に Th、U、Pb) を測定すること (2)r過程元素合成の起きる環境を確定すること (3) 核物理理論の不定性 (核分裂、質量公式など) を取り除くことが必要である。図はまた、Th-U 比は環境にあまり依存しないことを示しているが、この比は (3) の核物理の不定性に強く依存する。



references

- Cayrel et al. Nature 409, 691 (2000)  
Sneden et al. ApJ 533, L139 (2000)