

Section 9.

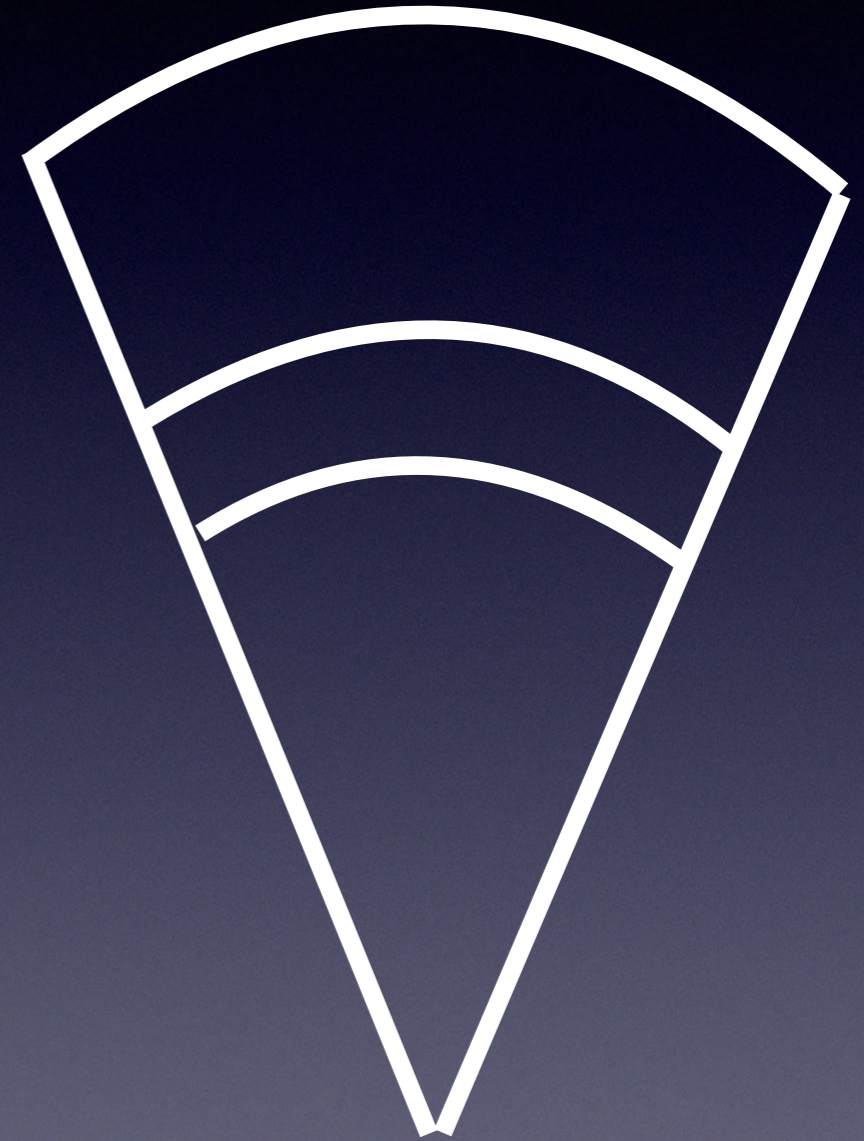
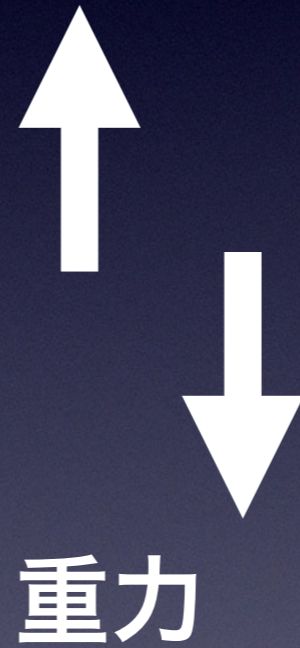
星の安定性

9.1 星の力学的安定性

9.2 対流安定性

星の中の静水圧平衡

圧力勾配



力は釣り合っている
だけどそれは「安定」？

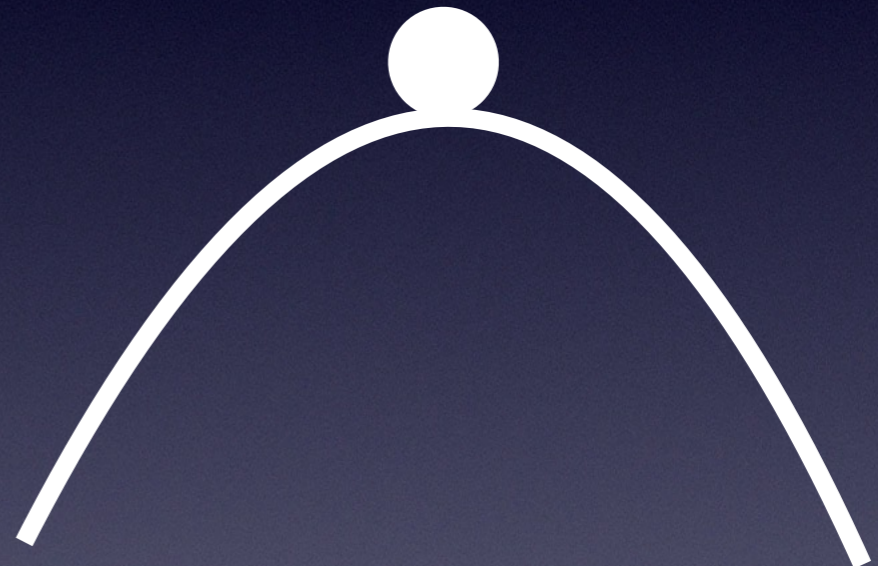
力学的安定性

安定



擾乱を与えても
元の位置に戻る

不安定



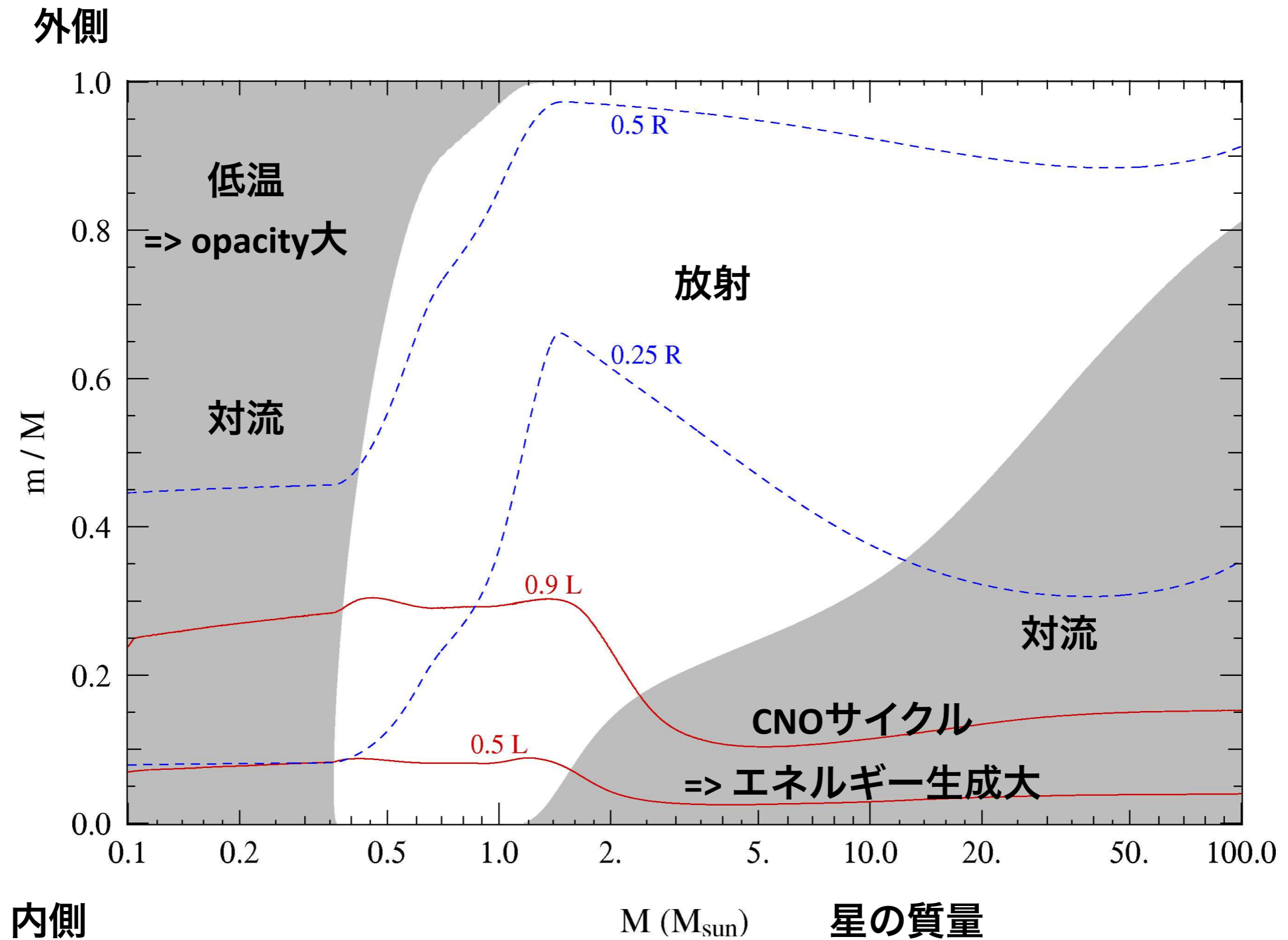
擾乱を与えると
成長する



さまざまな疑問を**物理**を使って理解しよう

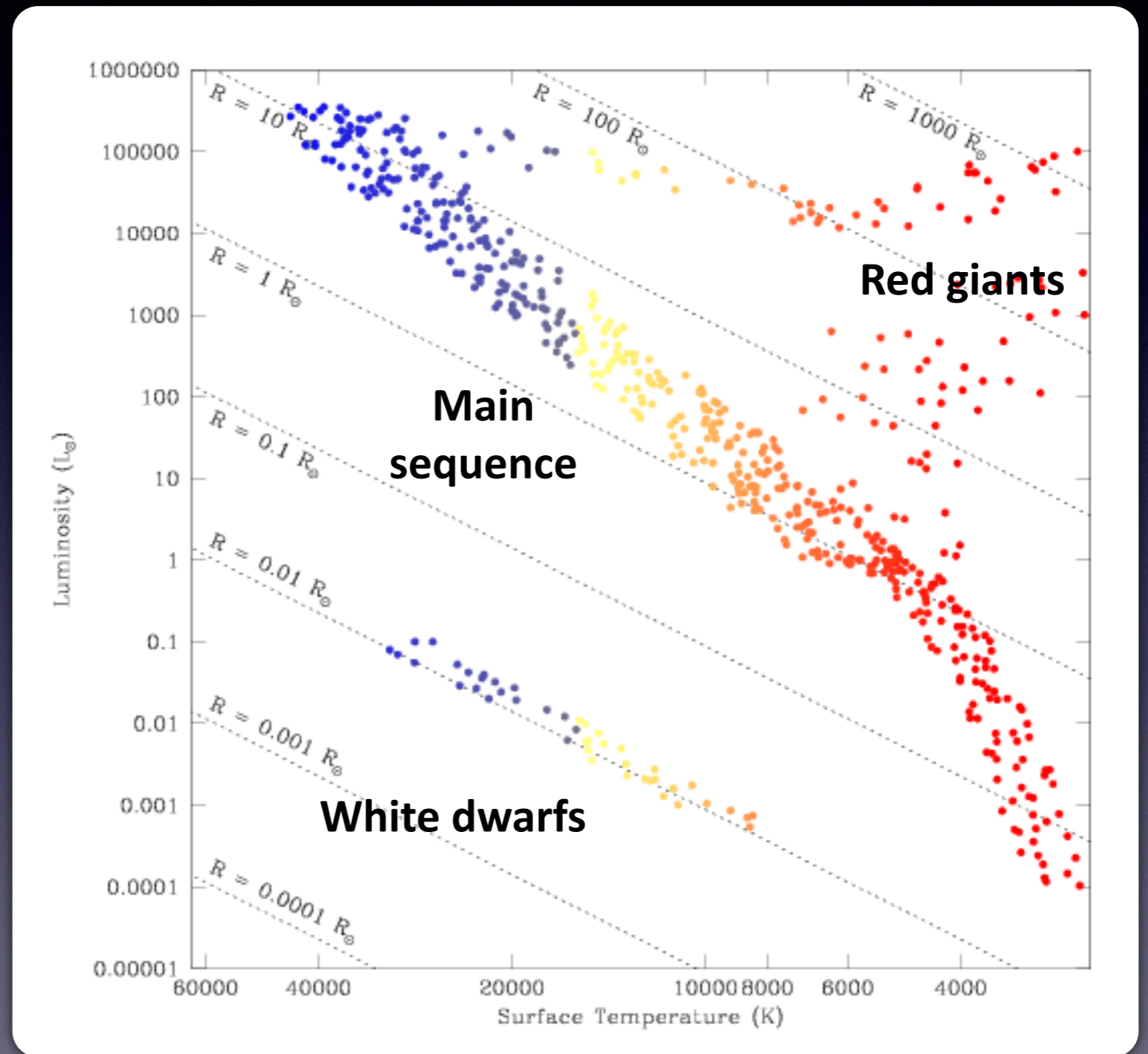
- 星の中はどうなっているの？
- なぜ重い星の方が大きいのか？
- なぜ星は明るく輝くのか？
- なぜ重い星の方が明るいのか？
- なぜ星は「進化」するのか？
- なぜ質量で星の運命が変わるのか？
- **なぜ星は星でいられるのか？**
- なぜ一部の星は爆発するのか？
- ...

星内部のエネルギー輸送



1 Msunあたりで主系列の傾きが変わるのはなぜ？

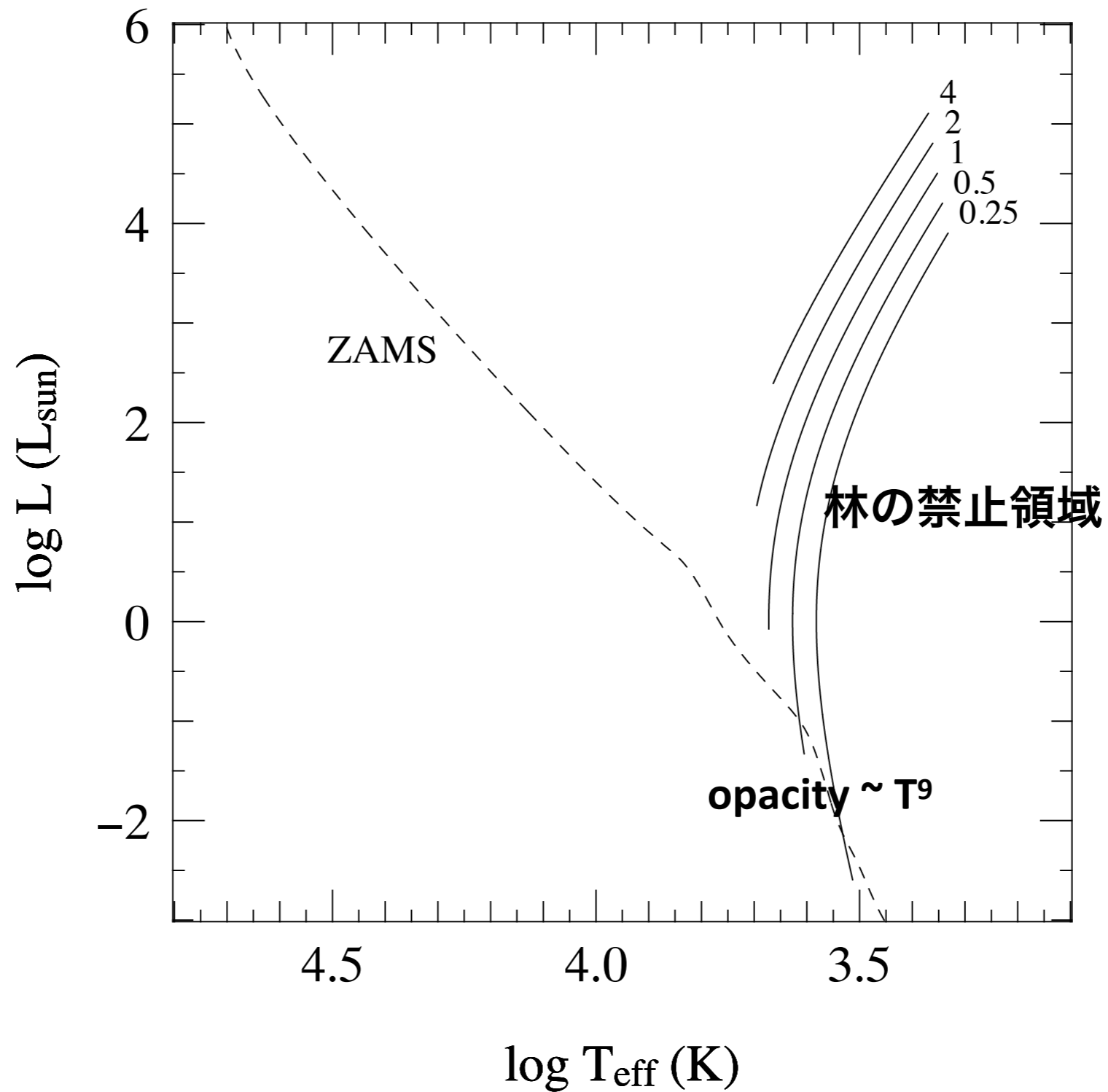
Luminosity (L_{\odot})



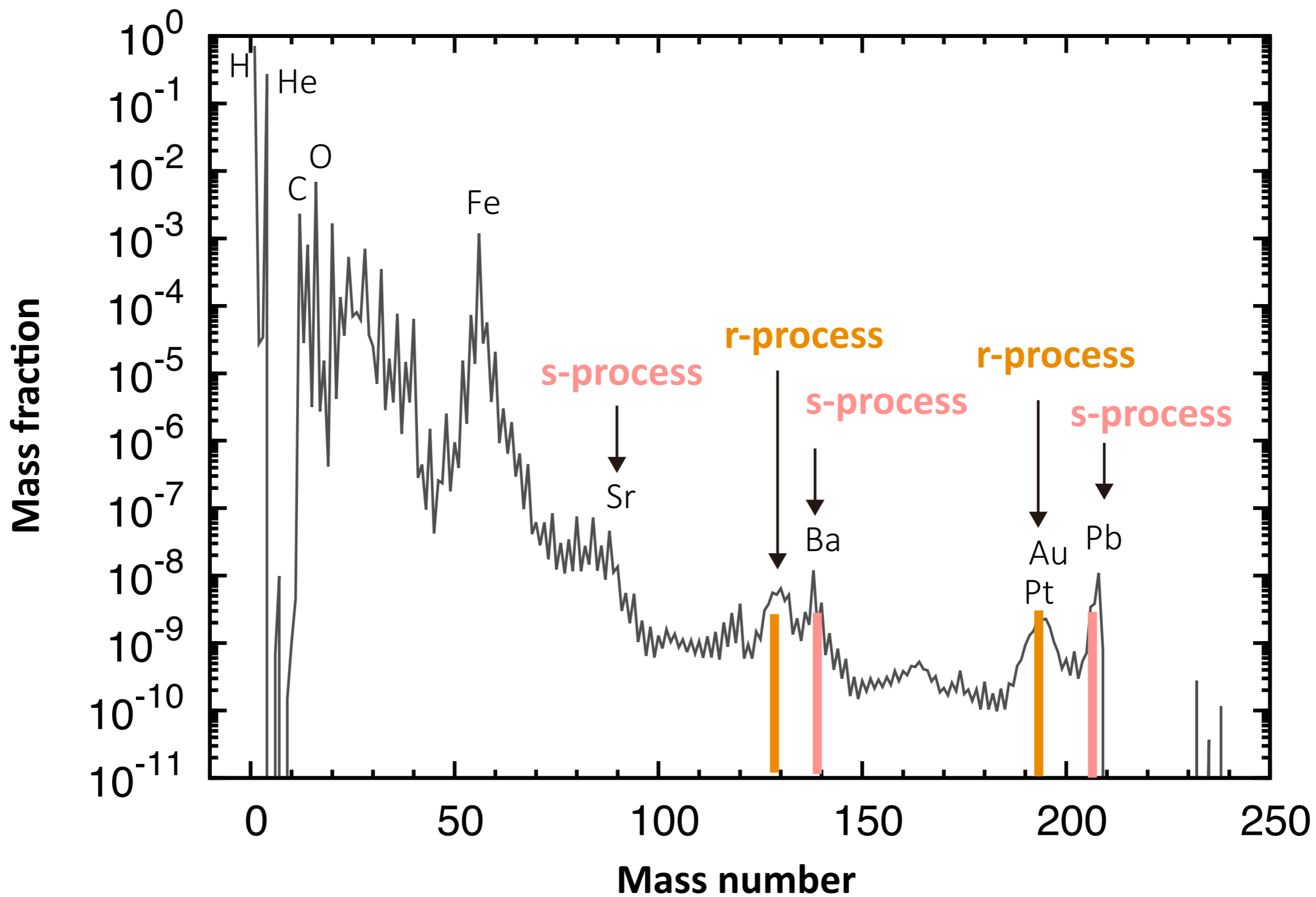
Temperature (K)



林の禁止領域

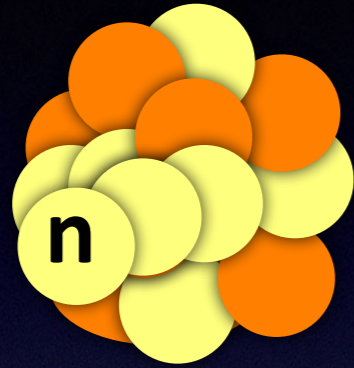


宇宙の元素組成

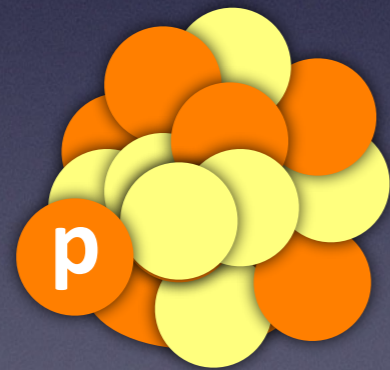
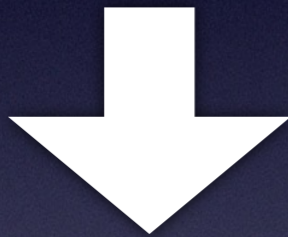


Neutron-capture nucleosynthesis

s (slow)-process



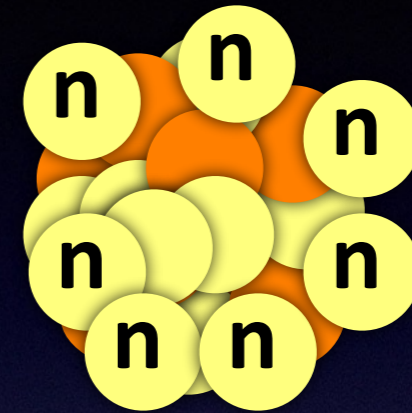
Decay



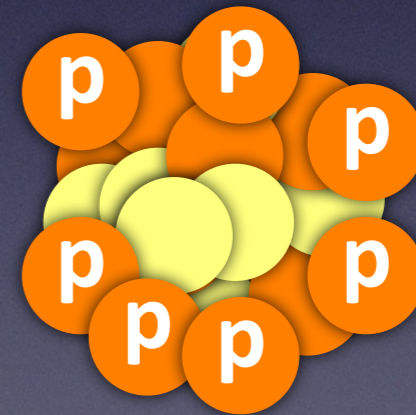
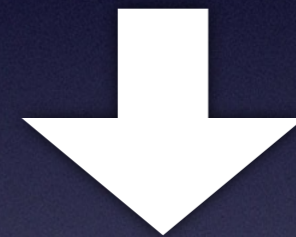
Ba, Pb, ...

Inside of stars

r (rapid)-process



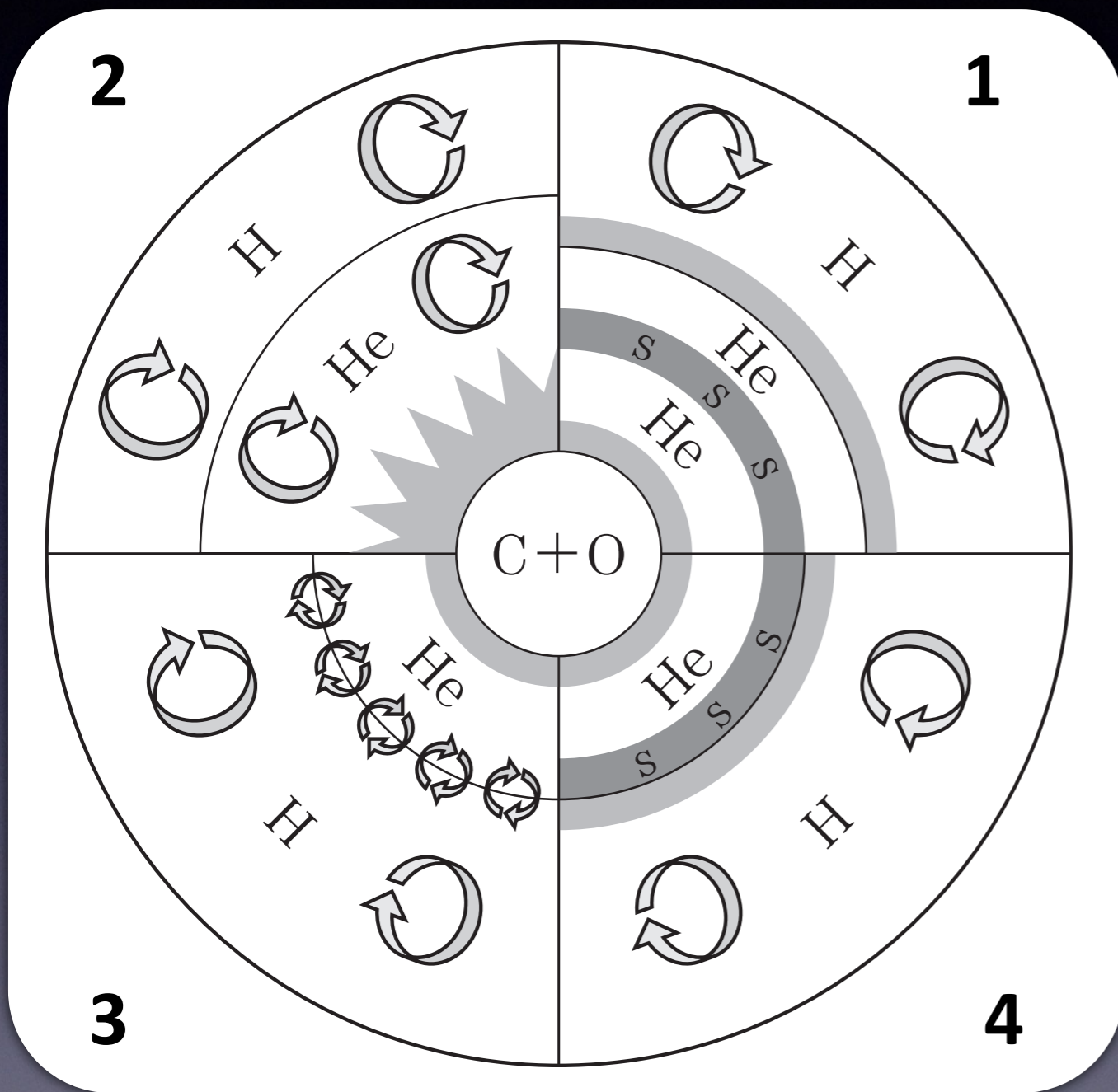
Decay



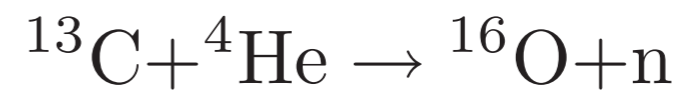
Au, Pt, U, ...

SN? NS merger?

AGB星の重元素合成 (s-process)



Seed reaction of neutron



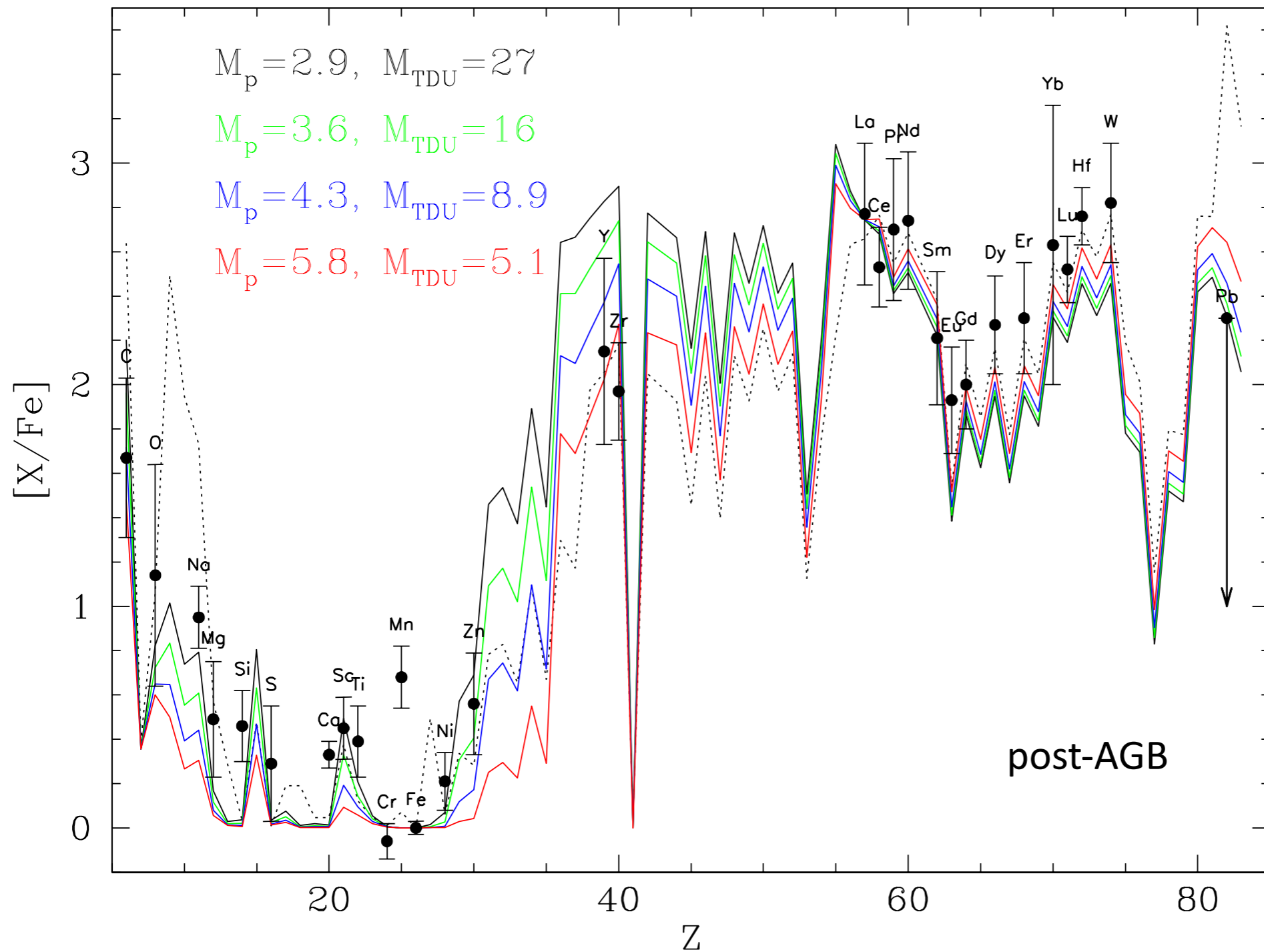
$T > 8 \times 10^7 \text{ K}$

中性子捕獲反応
=> 重元素合成

元素はいかにつくられたか (岩波書店)

Observational evidence

First evidence
Tc (Z = 43, no stable is) (Merrill 1952)



まとめ

- **星の力学的安定性**

- 力学的に安定な条件 adiabatic index $\gamma > 4/3$
密度上昇に対して、圧力が十分に上がる
- 通常の星は安定：理想気体 $\gamma = 5/3$
- 中立安定 ($\gamma = 4/3$)：輻射、超相対論な縮退電子
- 不安定 ($\gamma < 4/3$)：吸熱反応など

- **対流不安定**

- $|\text{星の温度勾配}| > |\text{断熱温度勾配}|$ のとき不安定
- 光度が高い、opacityが高いときに不安定になる
- 星の中での元素混合に重要