

# Section 9. 対流

## 9.1 対流に対する安定性

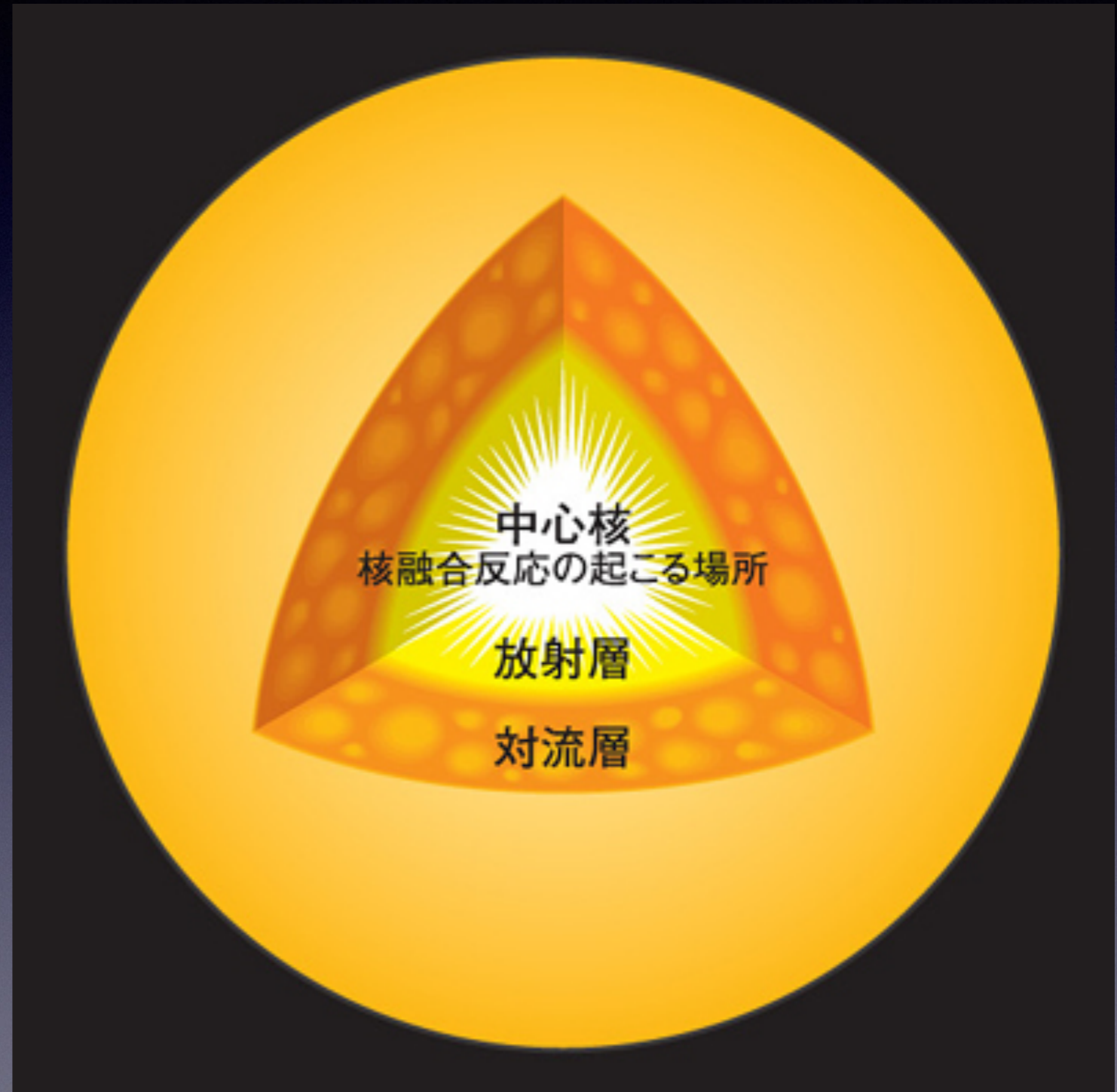
# さまざまな疑問を**物理**を使って理解しよう

- 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？
- ...

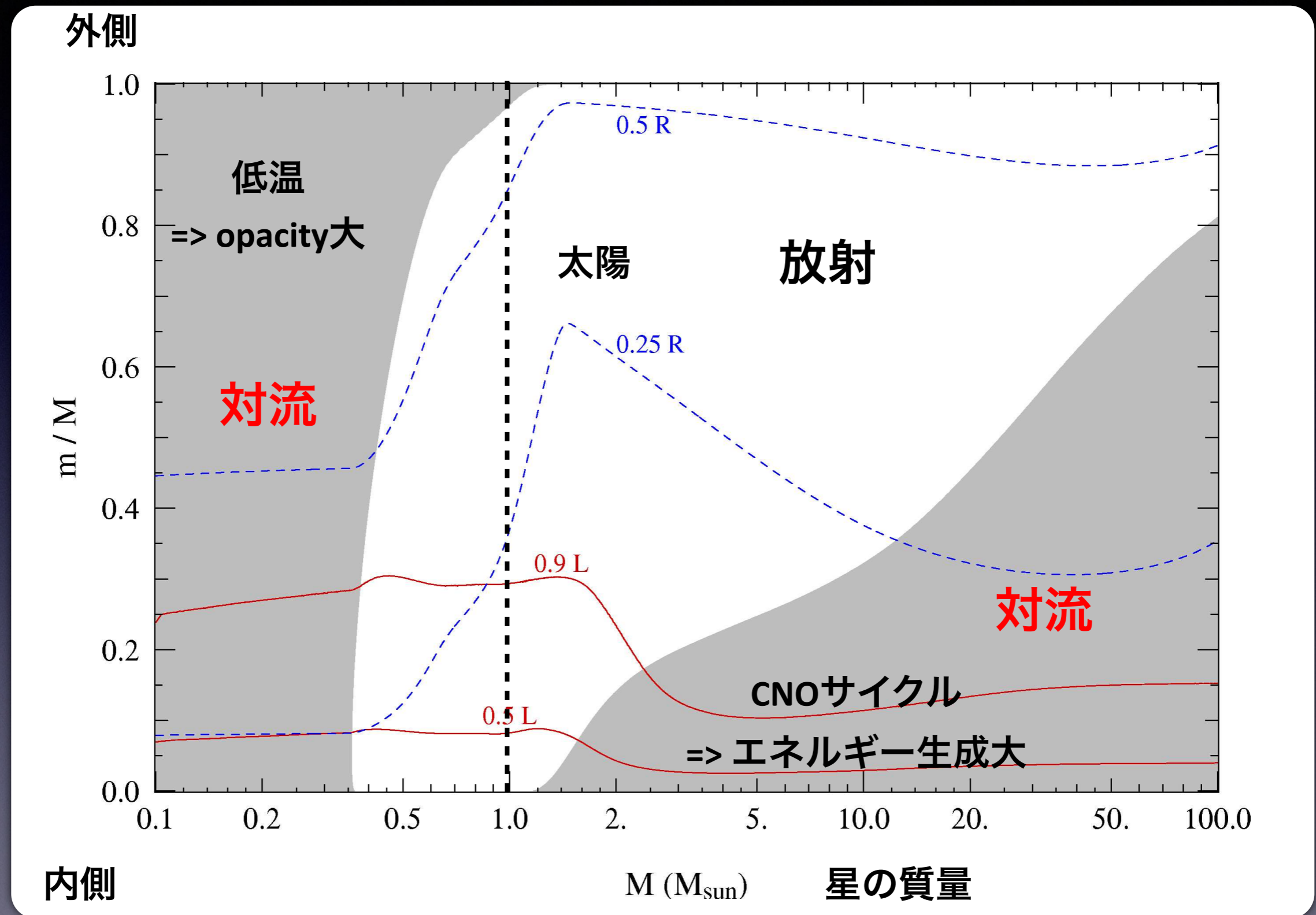
# 太陽の内部構造

## エネルギー輸送

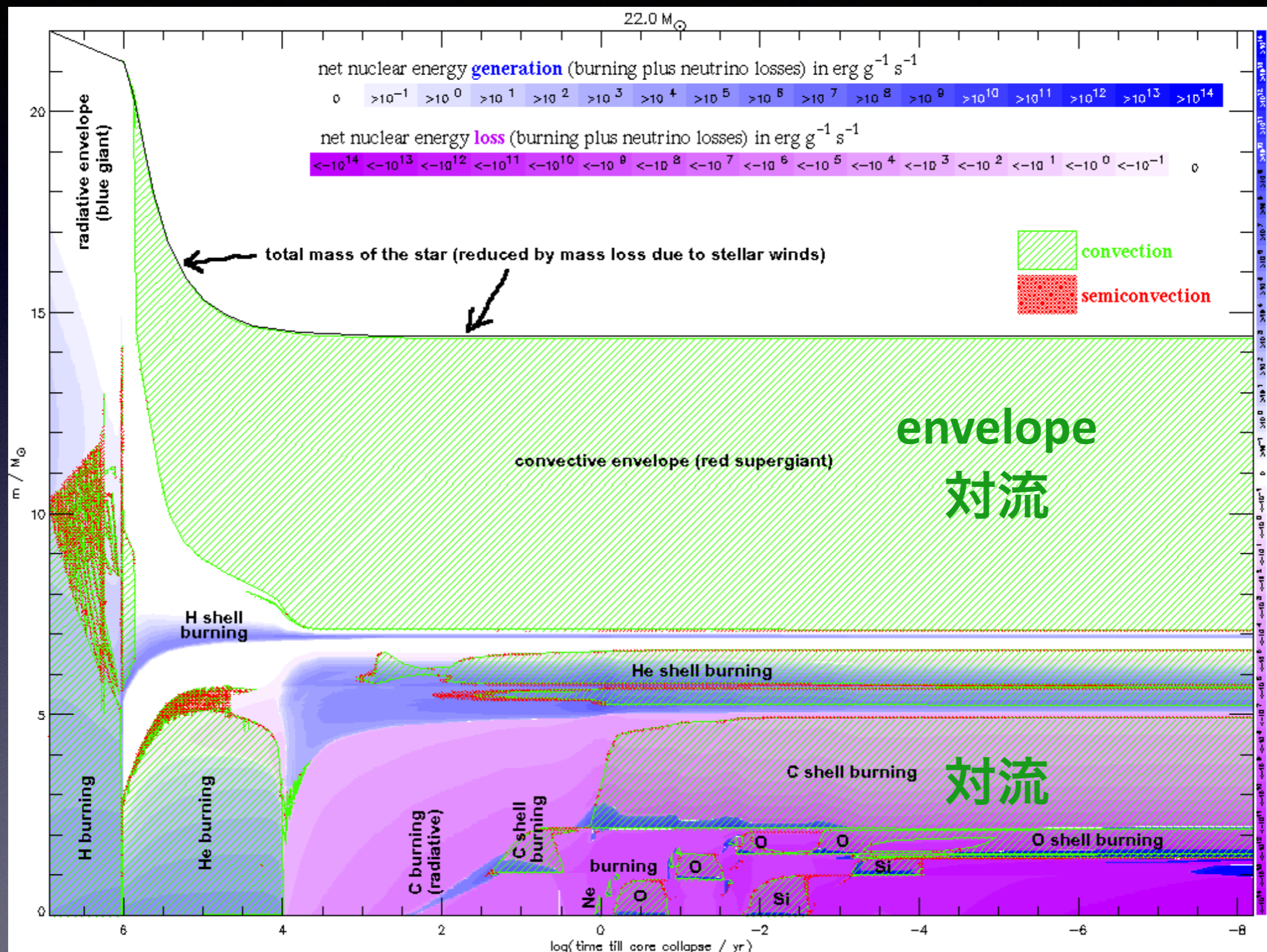
- ・内側は放射
- ・外側は対流



# 星内部のエネルギー輸送



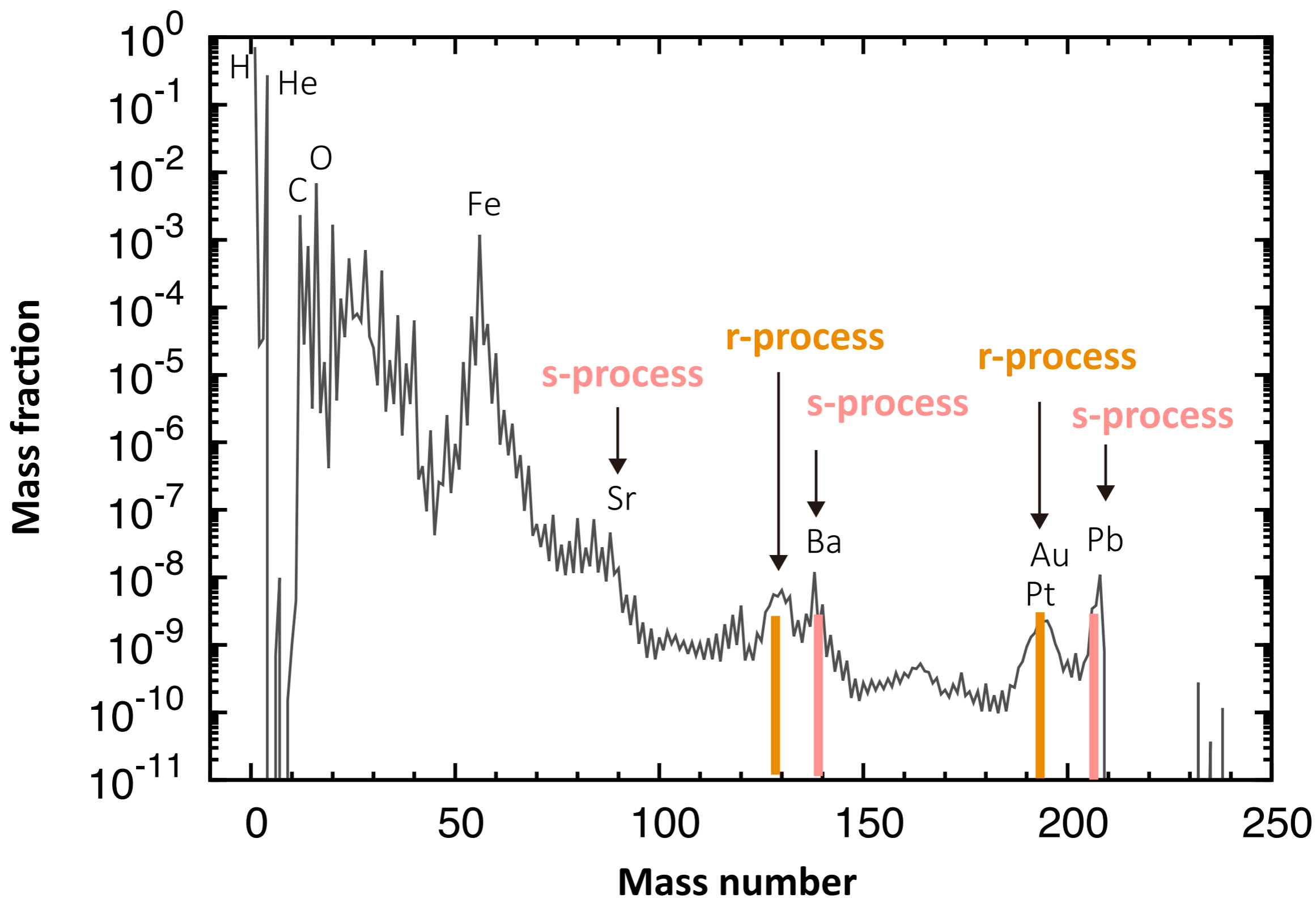
# 星の進化：“Kippenhahn diagram”



(C) A. Heger

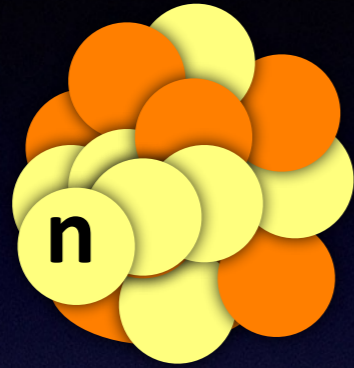
<https://2sn.org/stellarevolution/explain.gif>

# 宇宙の元素組成

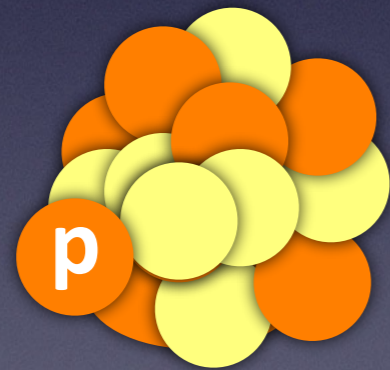
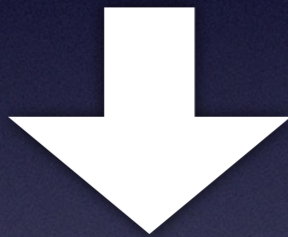


# Neutron-capture nucleosynthesis

s (slow)-process



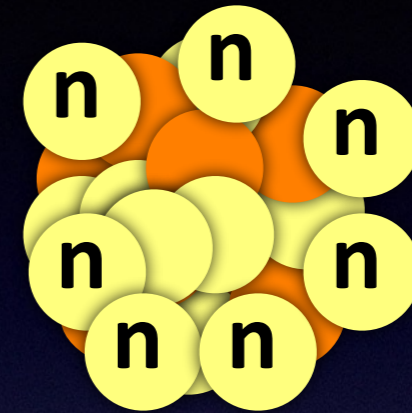
Decay



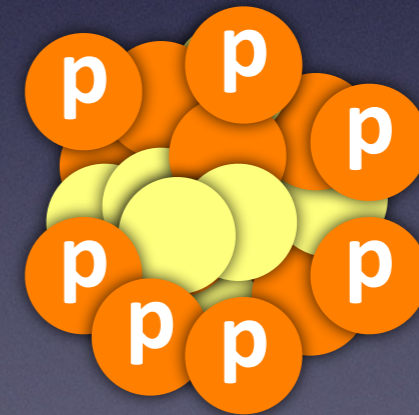
Ba, Pb, ...

Inside of stars

r (rapid)-process



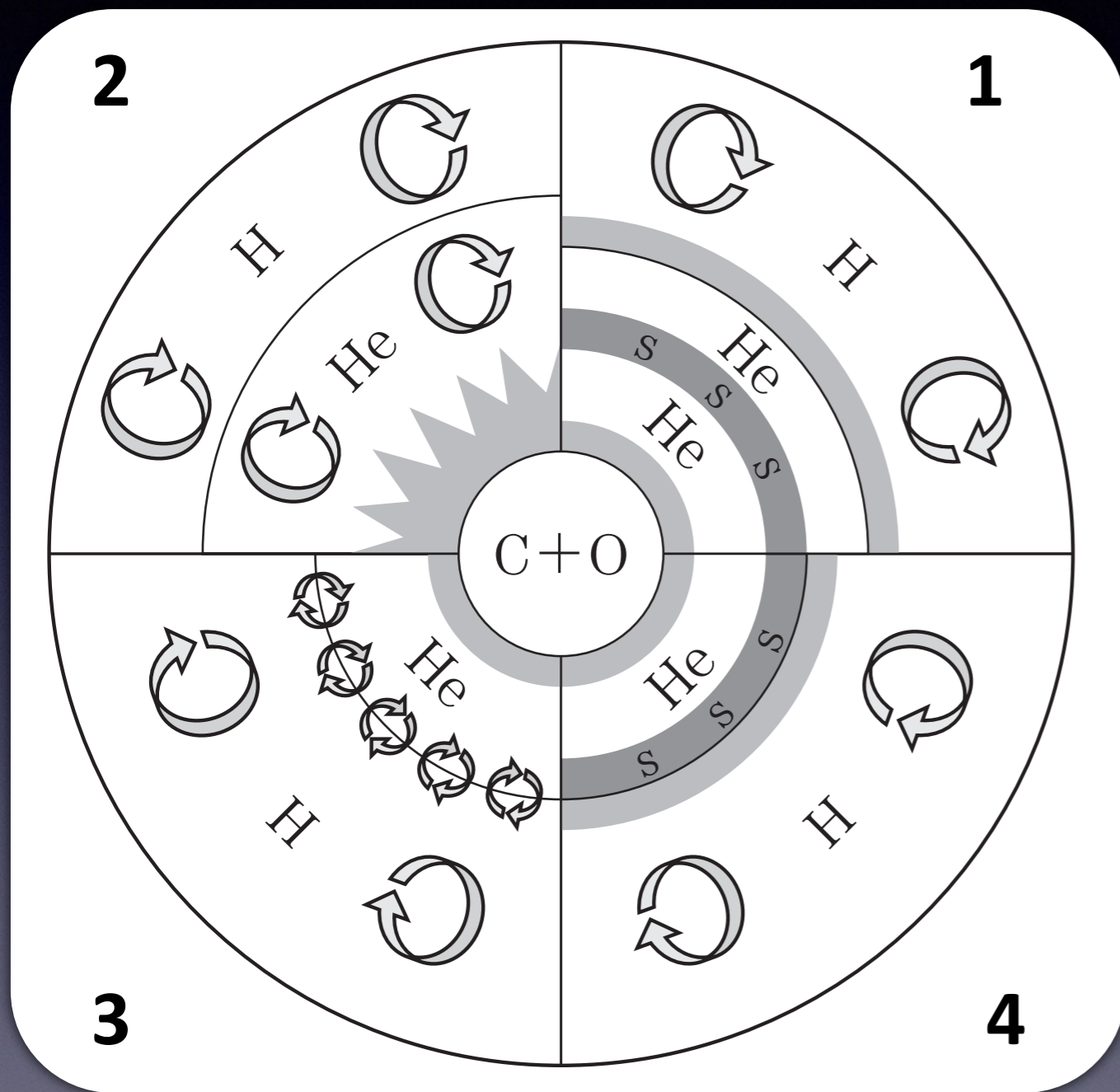
Decay



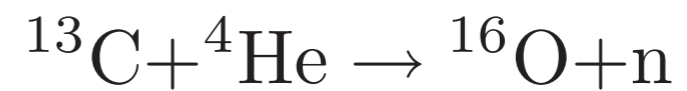
Au, Pt, U, ...

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

「対流」で  
元素が混ざることが重要

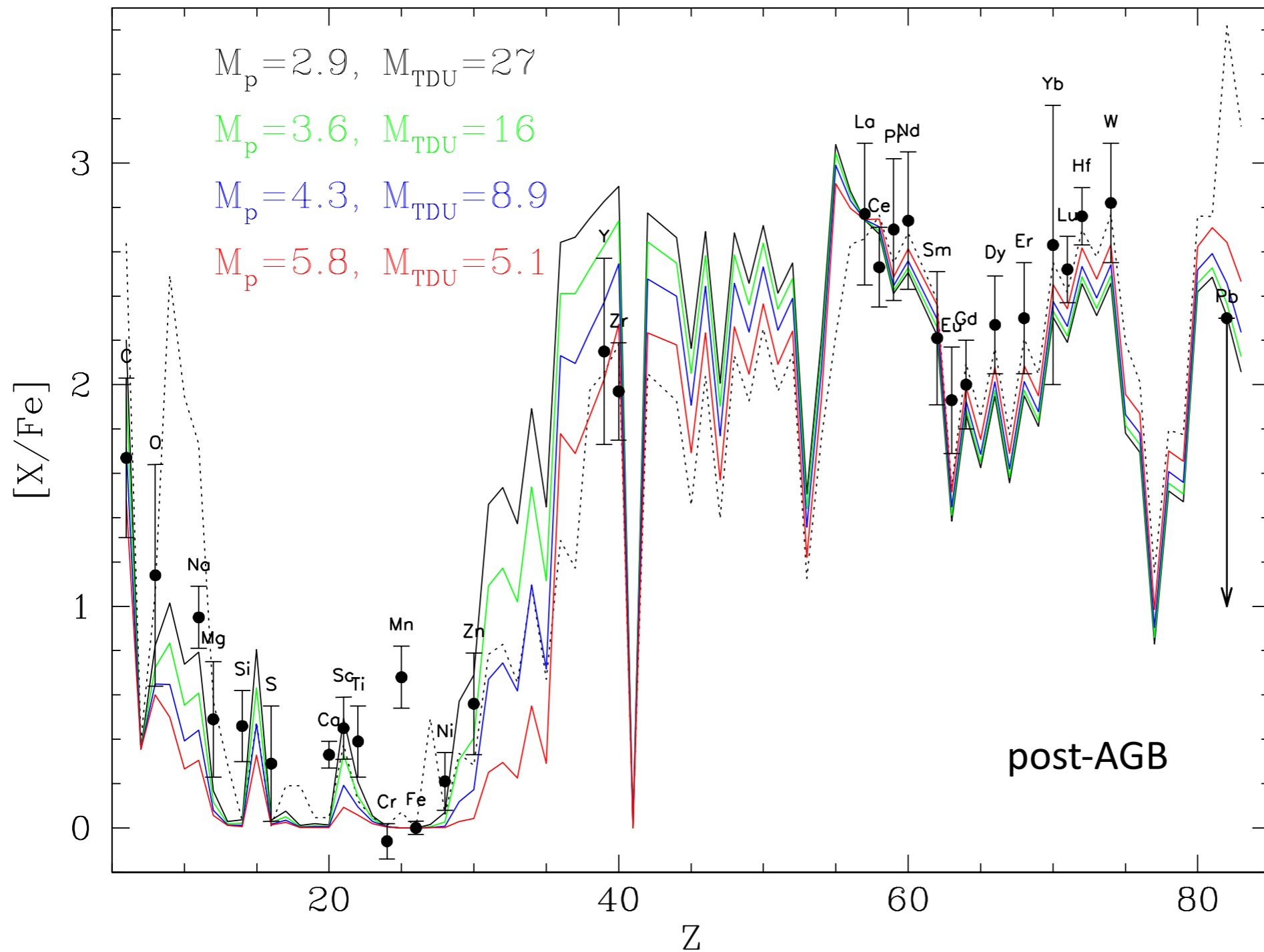
元素はいかにつくられたか (岩波書店)



# 観測的な特徴

=> 対流で星の表面に重元素が現れる

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





対流はどのようなときに起きるの？

# まとめ

- 対流

- エネルギー輸送の重要な要素
- 星の中での元素混合に重要

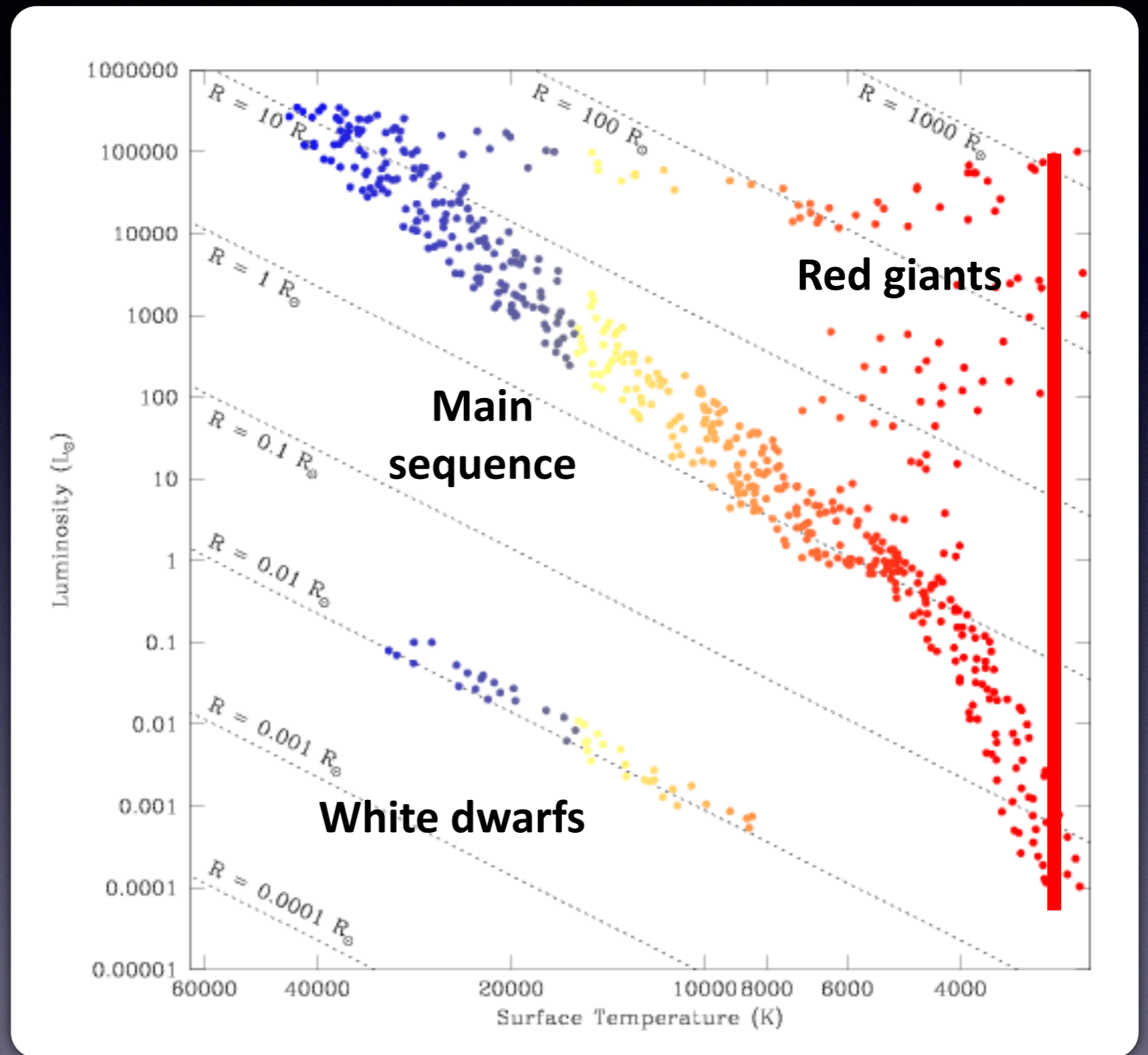
- 対流不安定

- $|\text{星の温度勾配}| > |\text{断熱温度勾配}|$  のとき不安定
- 光度が高い、opacityが高いときに不安定になる

# Appendix

HR図 :  $T \sim < 3,500 \text{ K}$ に星がない

Luminosity ( $L_{\text{sun}}$ )



Temperature (K)



# 林の禁止領域

