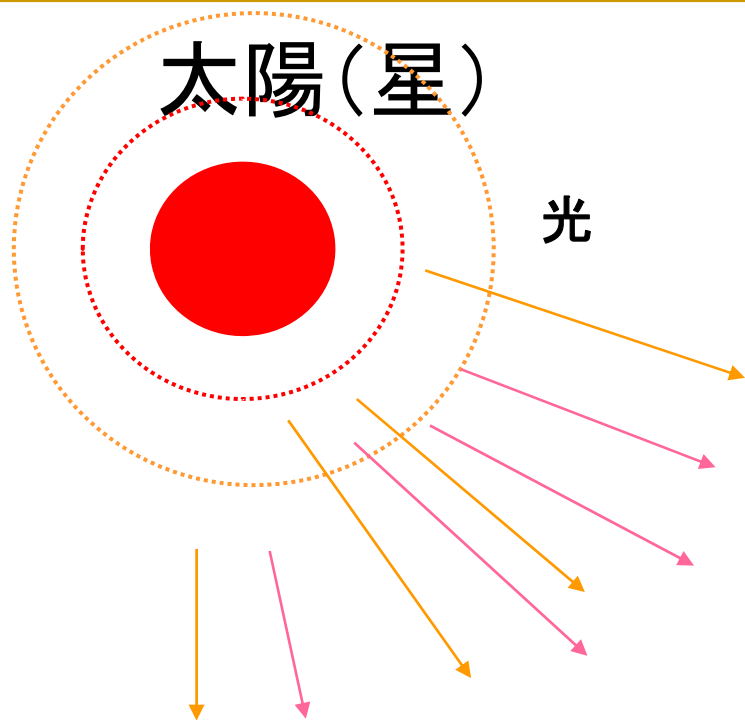


原子核科学研究センター

宇宙核物理プロジェクト

久保野 茂

星って何？



- エネルギーのとは？
- 元素は誰が作ったの??

● 星の誕生と死??

- 星の中では、どんな核反応が起っているのか。

⇒ ニュートリノ観測(小柴)

- 太陽系の年齢は？
太陽の将来は？

⇒ 星の進化のメカニズム

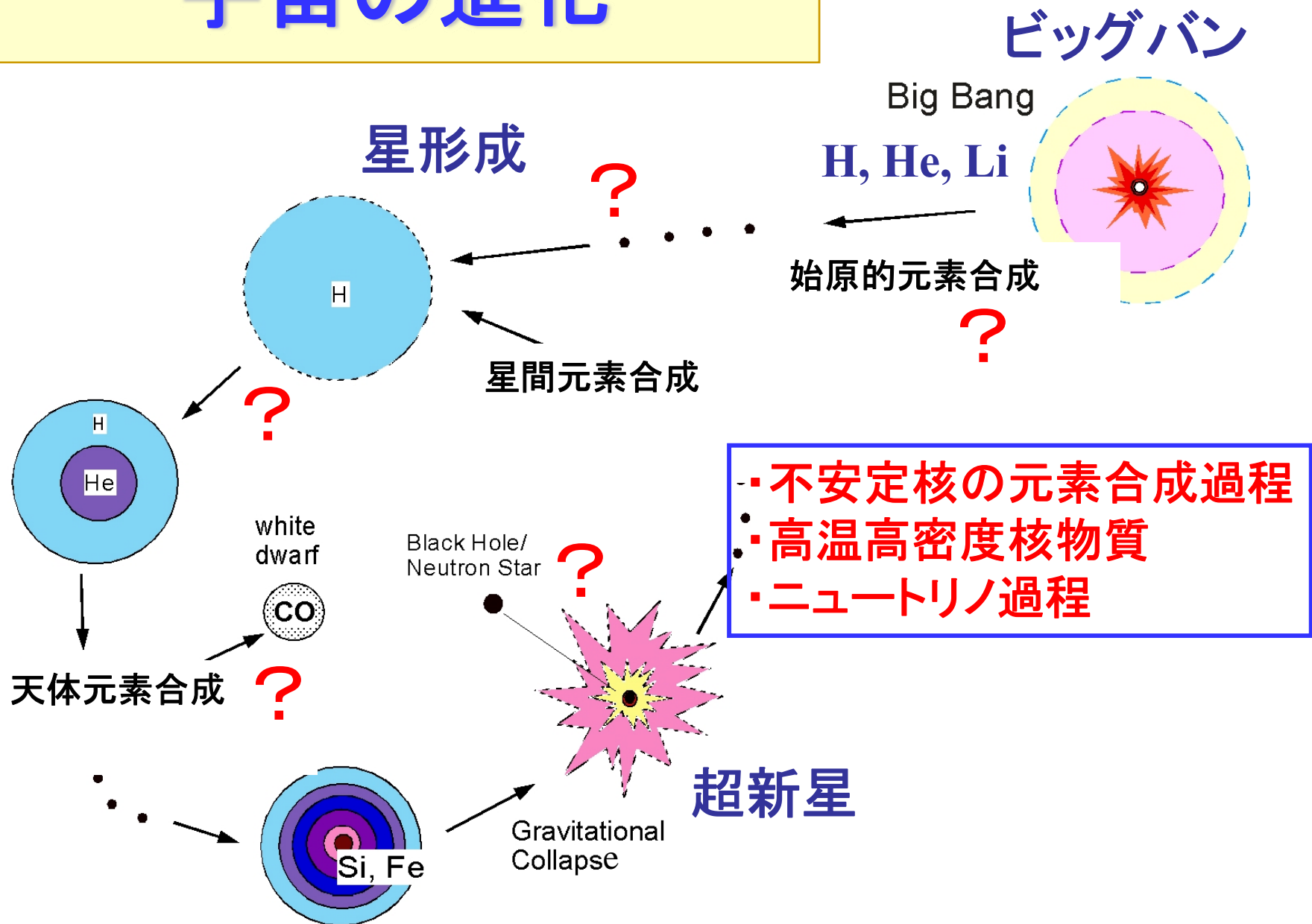
- 太陽系の前身は、超新星爆発？

⇒ 銀河、化学進化のメカニズム

- 宇宙の起源、進化は？

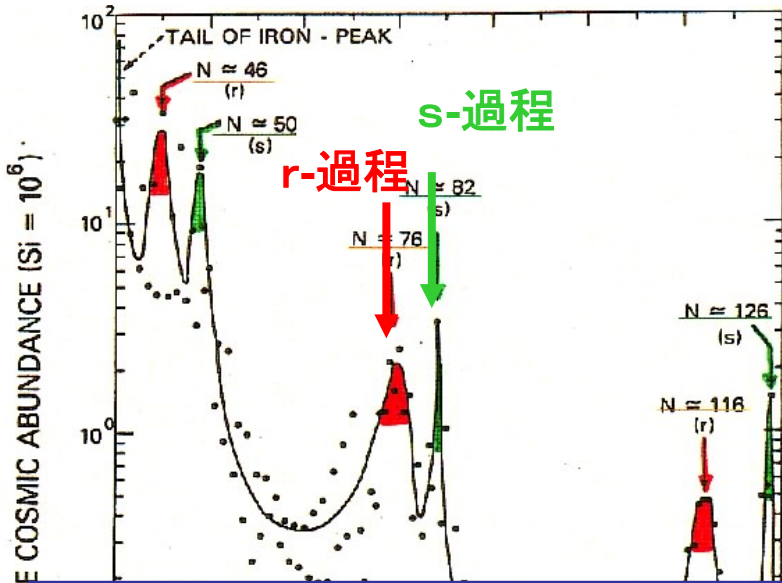


宇宙の進化



重元素の観測

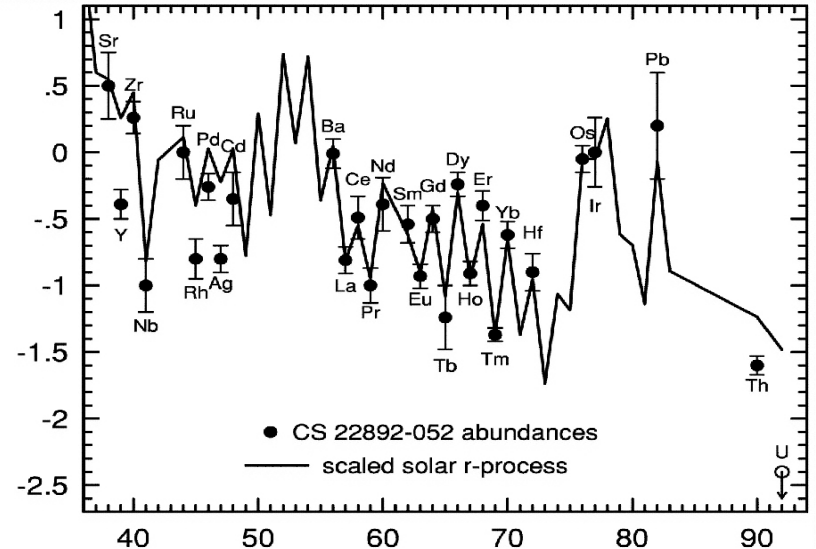
太陽組成



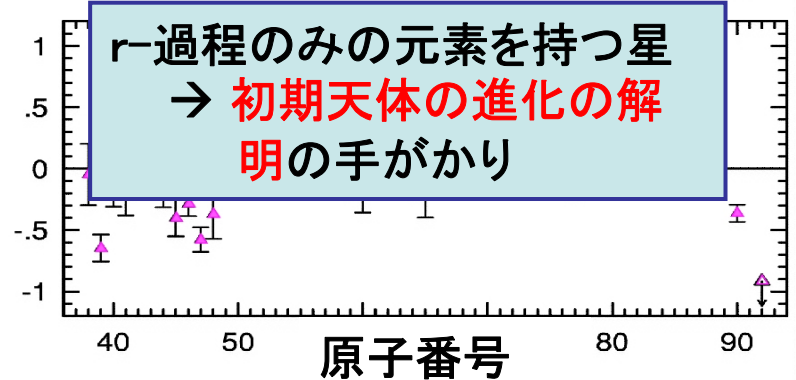
- s-過程 (遅い中性子捕獲過程)、r-過程 (爆発的中性子捕獲過程) を示唆
- 宇宙年代学には、重要核種U, Th を作ったr-過程の解明が鍵

原子核の質量数

最近のSUBARUの非常に古い星の観測



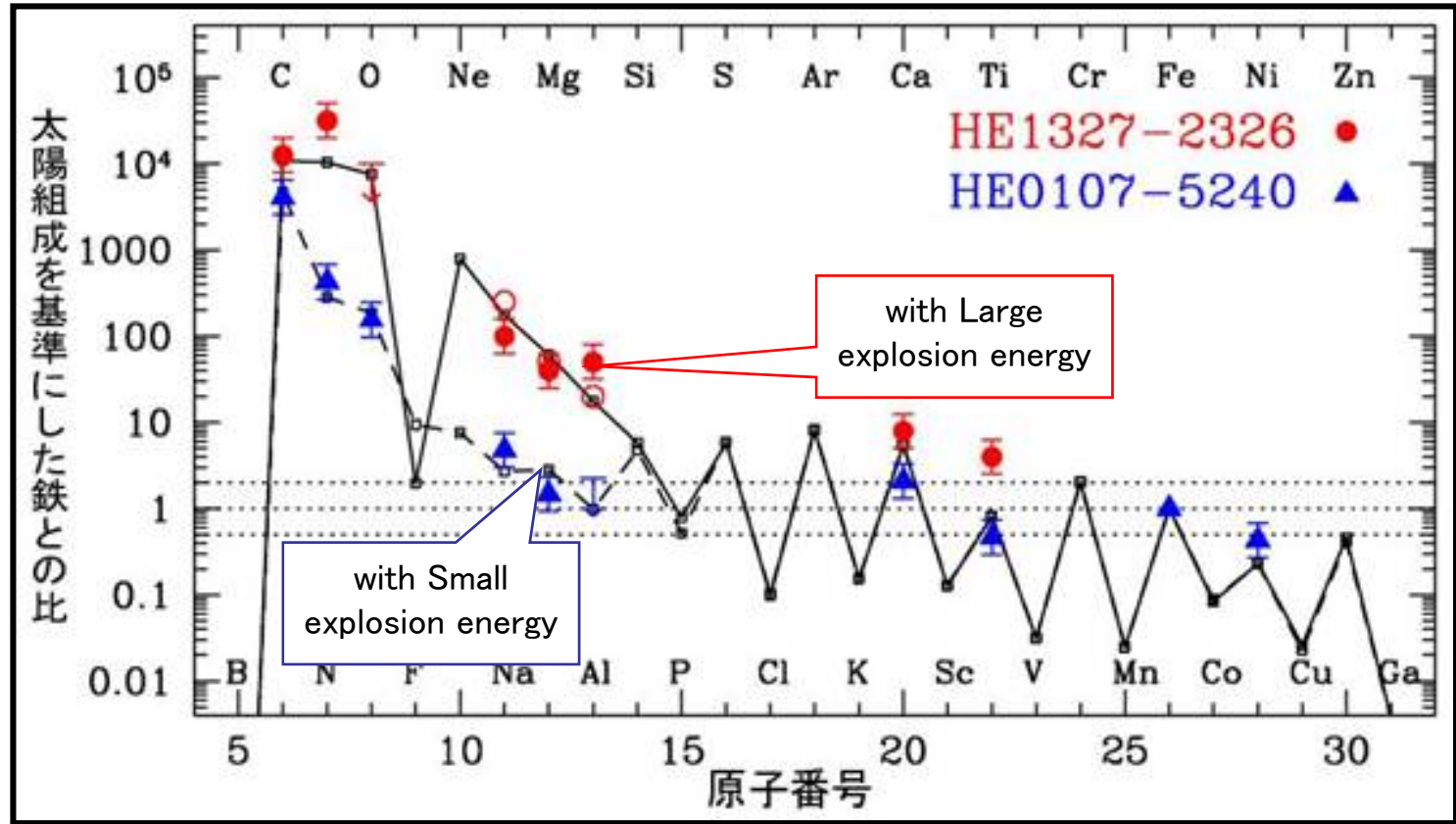
太陽組成との差



原子番号

初期世代星の観測

= 超金属欠乏星 =



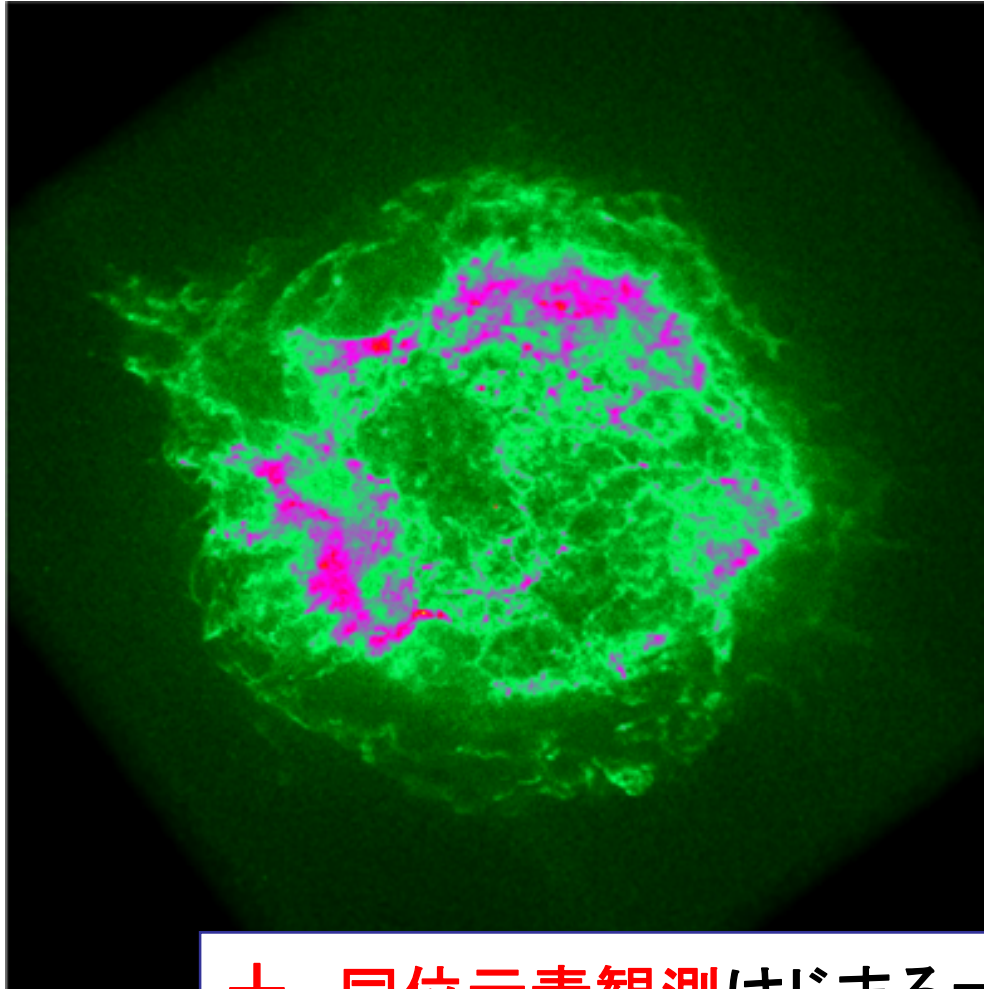
ビッグバン
元素 = H, He, (Li)

How ?
@T, ρ ?

大量の C, N, O + Sr, ..
生成

(Nomoto 06)

カシオペア-A (@1万光年, 1680)



(by Chandra X-ray observatory)

- Nuclear Gamma rays were Observed from **^{44}Ti 核崩壊!**
($T_{1/2}(^{44}\text{Ti}) = 60 \text{ y}$)
- Produced in Supernova.

→ **核種の観測!**

- ・ Identify Nuclear reactions
- ・ Determination of the quantity

+ 同位元素観測はじまる⇒原子核反応の特定!
(超新星残骸からの核ガンマ線観測など)

宇宙では、日常的に原子・素粒子反応が起こり、
星の進化を左右する

→ ・進化を解く鍵＝元素、エネルギー
・元素の起源

未知の原子核・素粒子過程が宇宙現象を支配

核物理の研究は、宇宙の進化解明の重要な鍵

課 題

1. ビッグバン模型と原始宇宙創生
2. 初期宇宙形成とミッシングリンク
3. 太陽模型
4. 新星・超新星のメカニズム
5. 重い元素生成と宇宙年代学

未知の物理過程の研究

課題; 不安定核の核反応

・極限状況下の核反応

課題; ニュートリノ・原子核相互作用

・爆発のメカニズム

・関与する不安定核領域の限定

・ニュートリノ天文学

課題; 原子核の非圧縮性

・超新星の爆発条件

・超新星残骸の形態

超高密度
ニュートリノ流

超新星

天文観測

超新星 ν データ

超新星模型が爆発するかどうか
は、これらのパラメータによる

↓
ニュートリノ・原子核加熱効果+50%
または、ニュートリノ光度+10%
で爆発。

爆発天体の解明には、
ニュートリノ・原子核相互作用や
原子核の状態方程式の研究が
不可欠

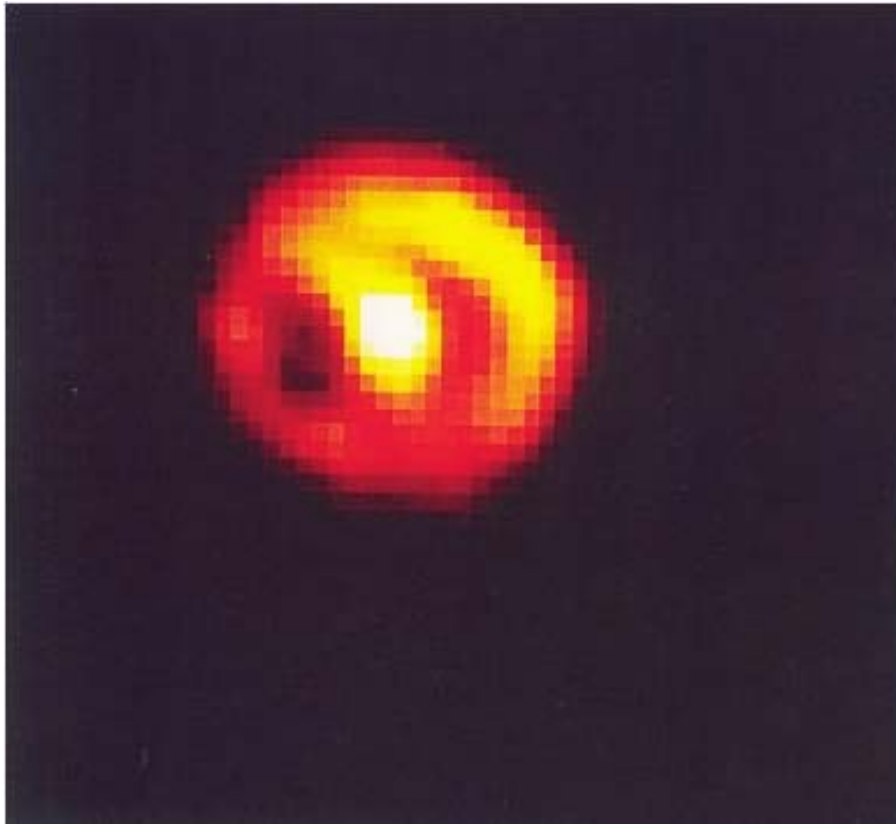
研究例

新星の爆発過程の研究

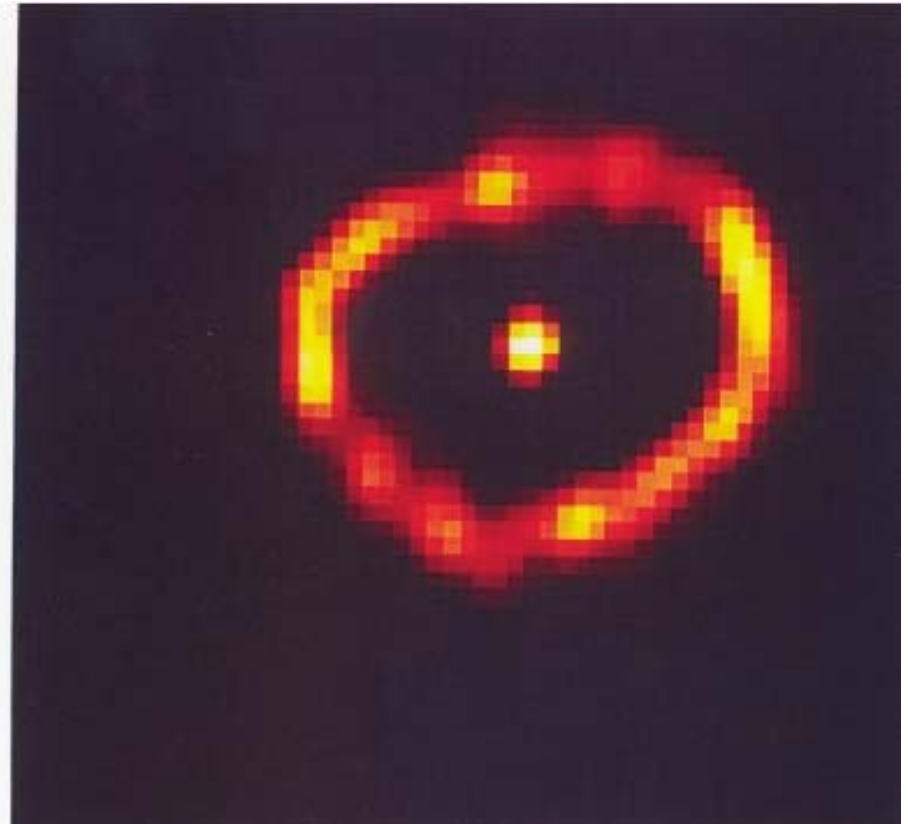
新星

はくちょう座新星1992(@1万光年)

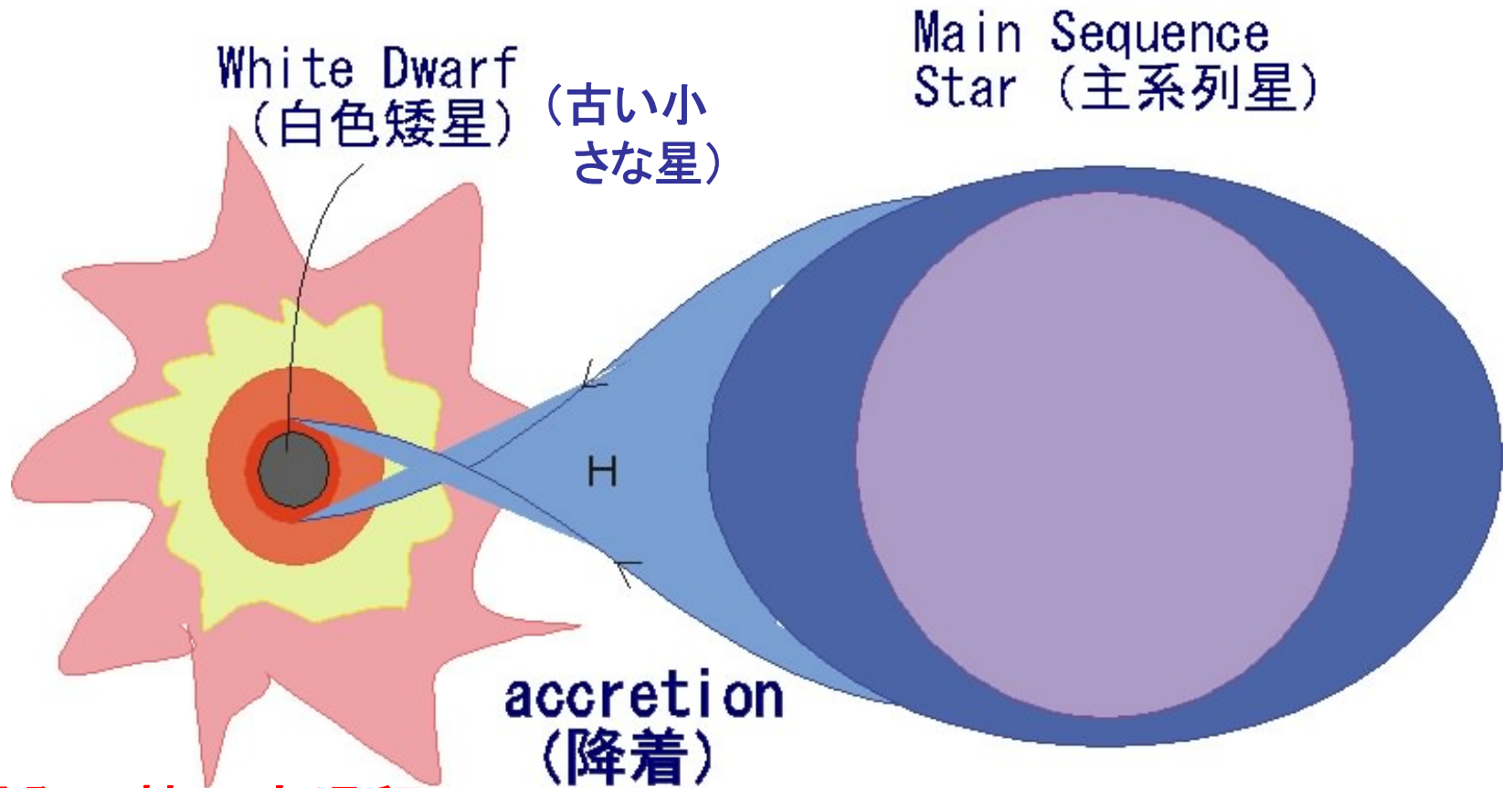
1993年5月



1994年1月



新星のメカニズムと問題



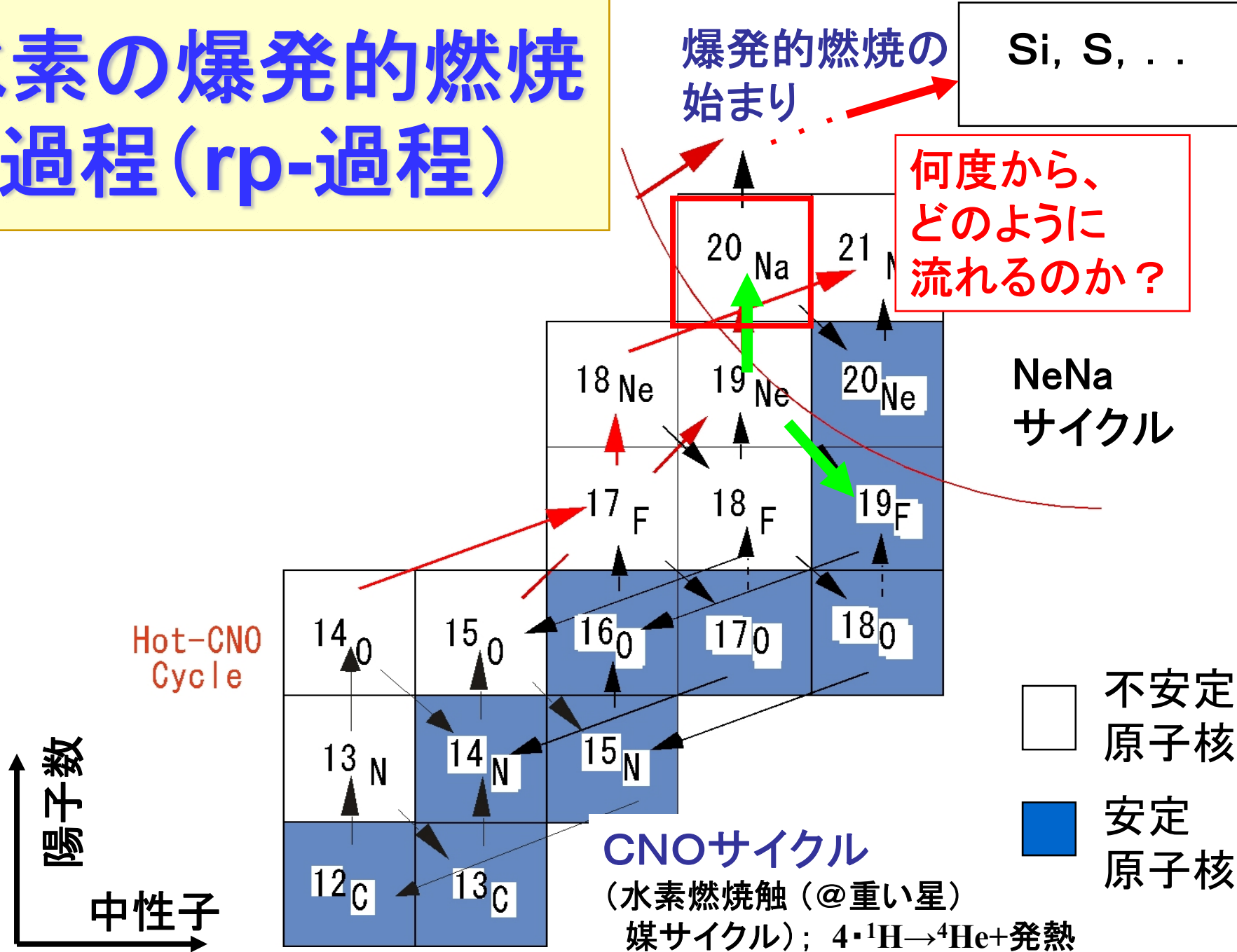
爆発の核反応過程？

→ 爆発の点火温度、密度、エネルギー？

[C, O, (Ne, Mg)] → Si, S, (Ar), .

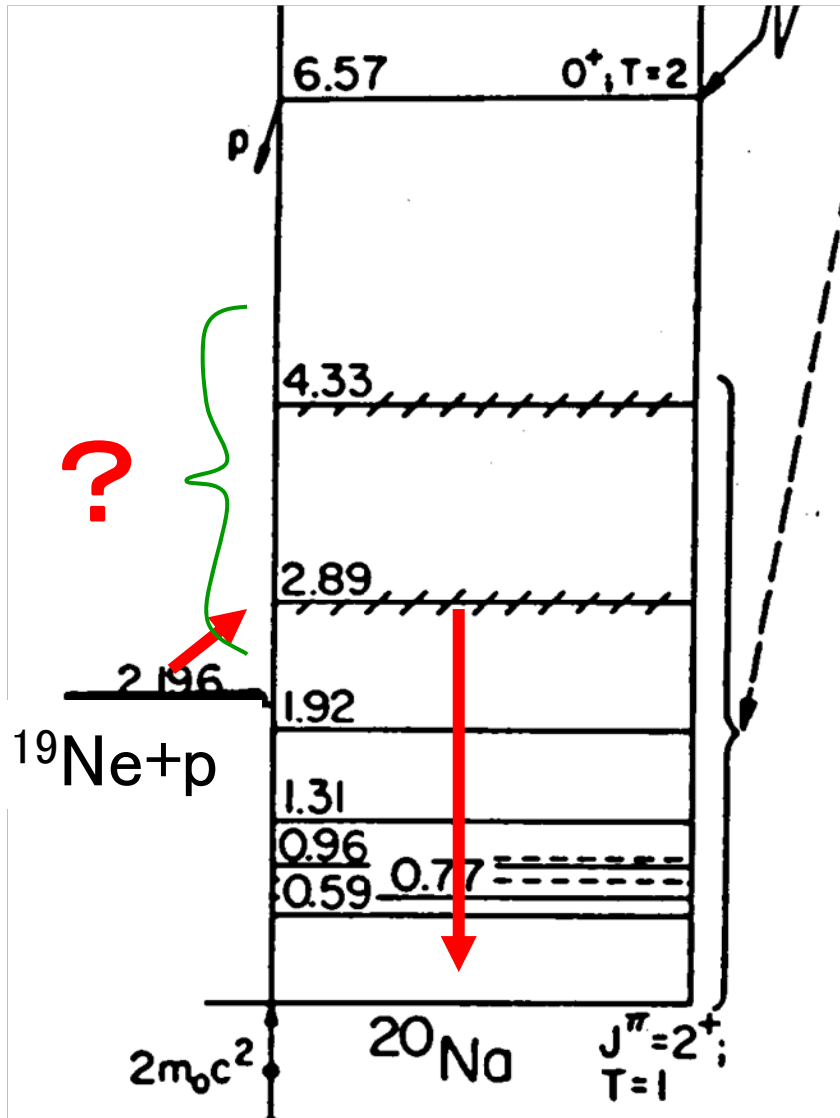
元々無かった
重い元素が
観測された！

水素の爆発的燃焼過程 (rp-過程)

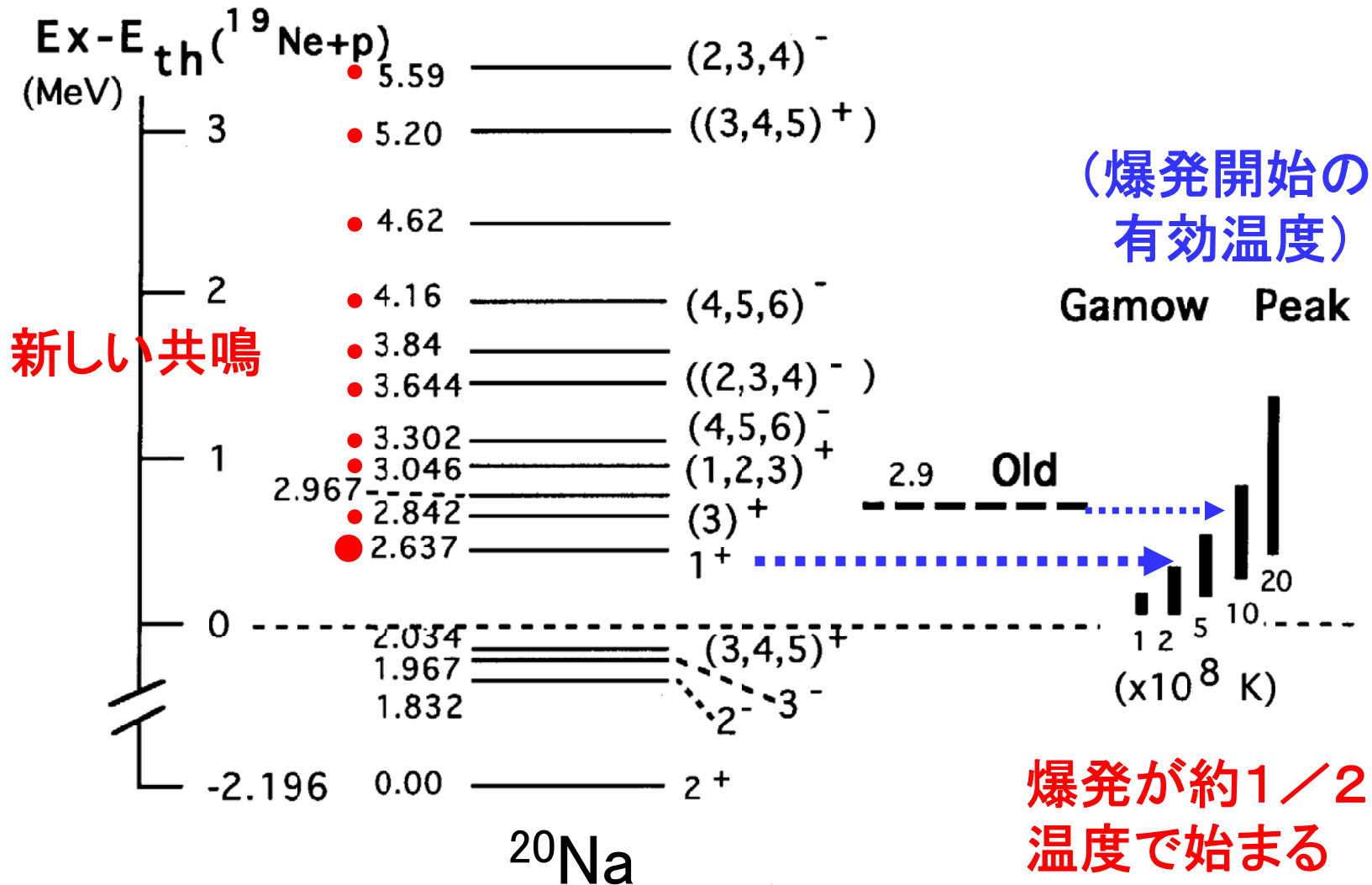


^{20}Na の準位 (old)

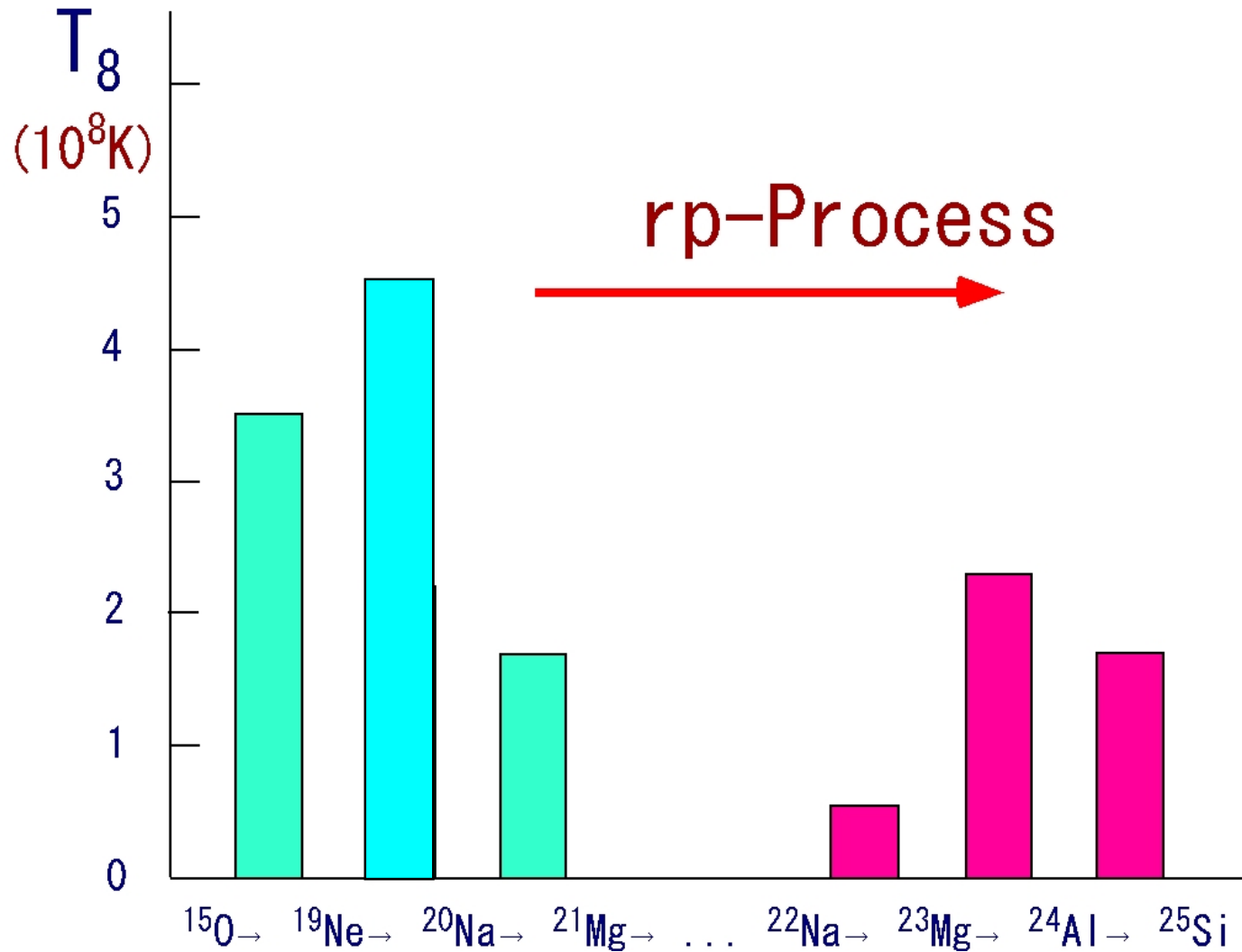
—最初の実験



^{20}Na の準位



各過程の点火温度



水素の爆発的燃焼過程 (rp-過程)

爆発的燃焼の
始まり

~ A=100

不安定原子核
核の反応

何度から、
どのように
流れるのか？

NeNa
サイクル

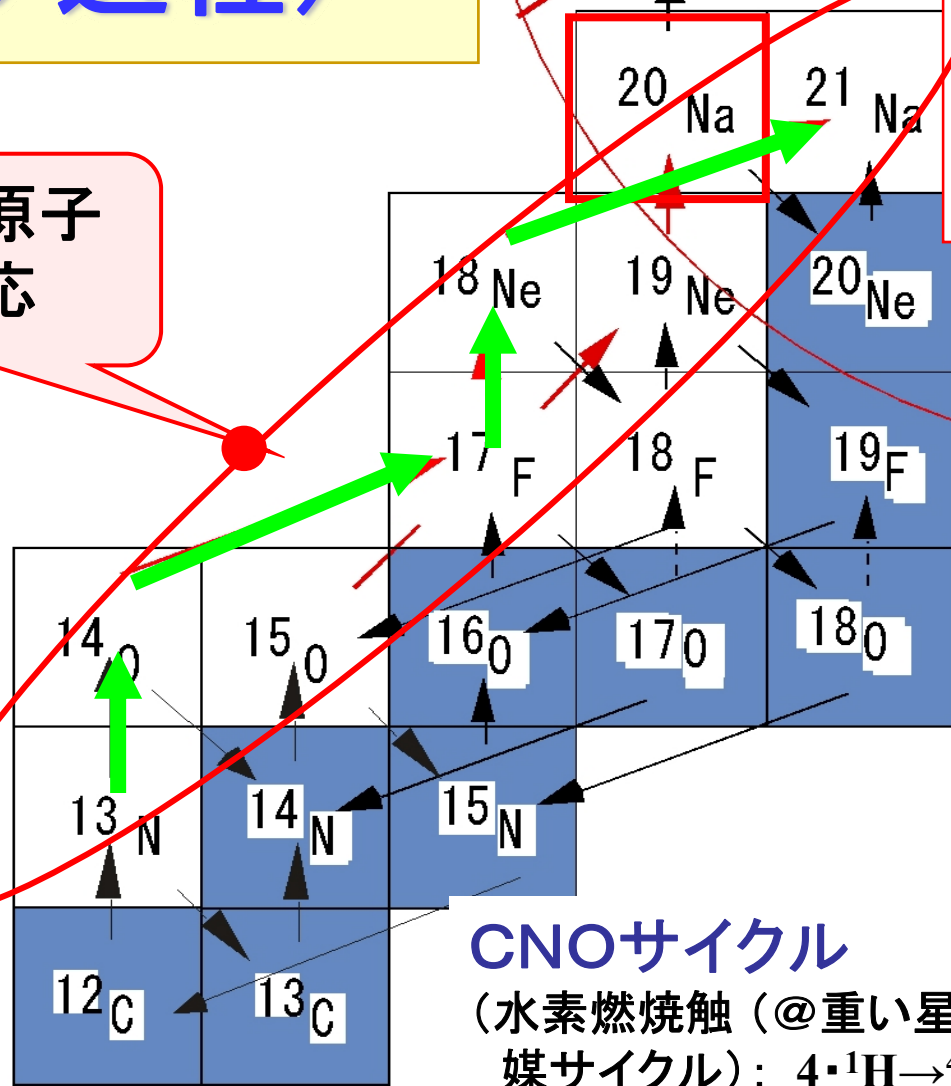
Hot-CNO
Cycle

CNOサイクル

(水素燃焼触 (@重い星)
媒サイクル); $4 \cdot {}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{発熱}$

□ 不安定
原子核
■ 安定
原子核

陽子数
中性子

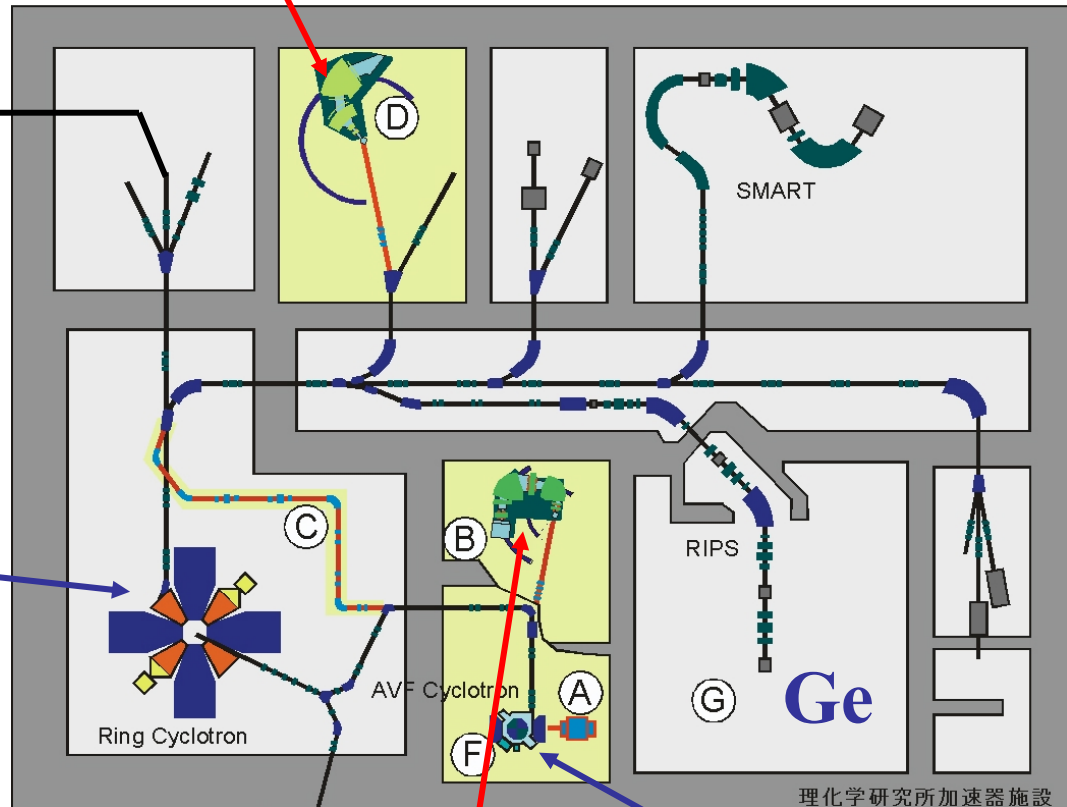
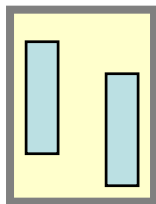


理化学研究所と 東京大学の施設

高分解能磁気分析器

リング サイクロトロン

並列コンピュータ



不安定核
ビーム生成
・分離器 (CRIB)

リニアック

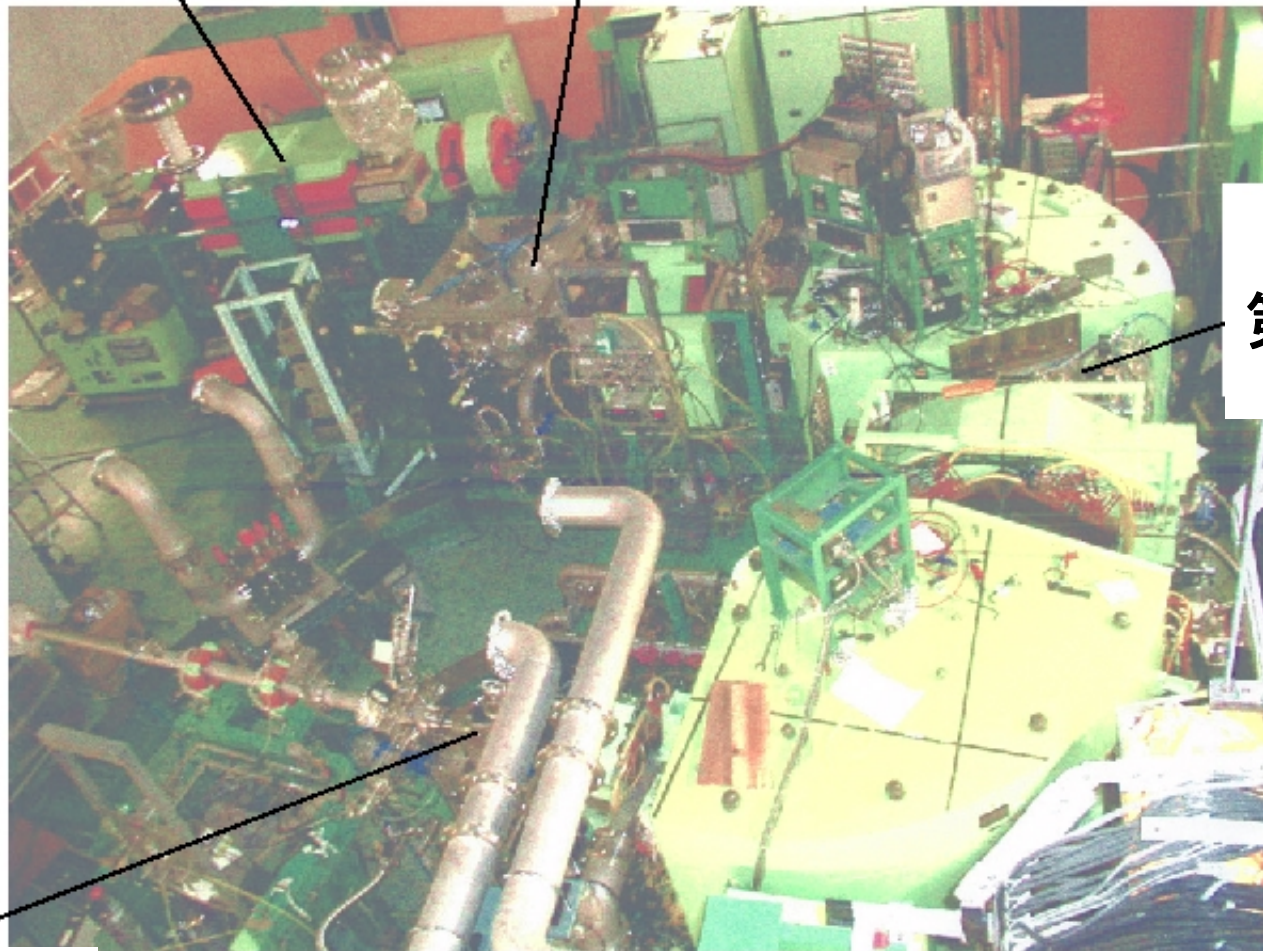
サイクロトロン

低エネルギー不安定核ビーム生成器

[CRIB]

Wien filter 第二焦点面 (不安定核ビームの反応)

第一焦点面

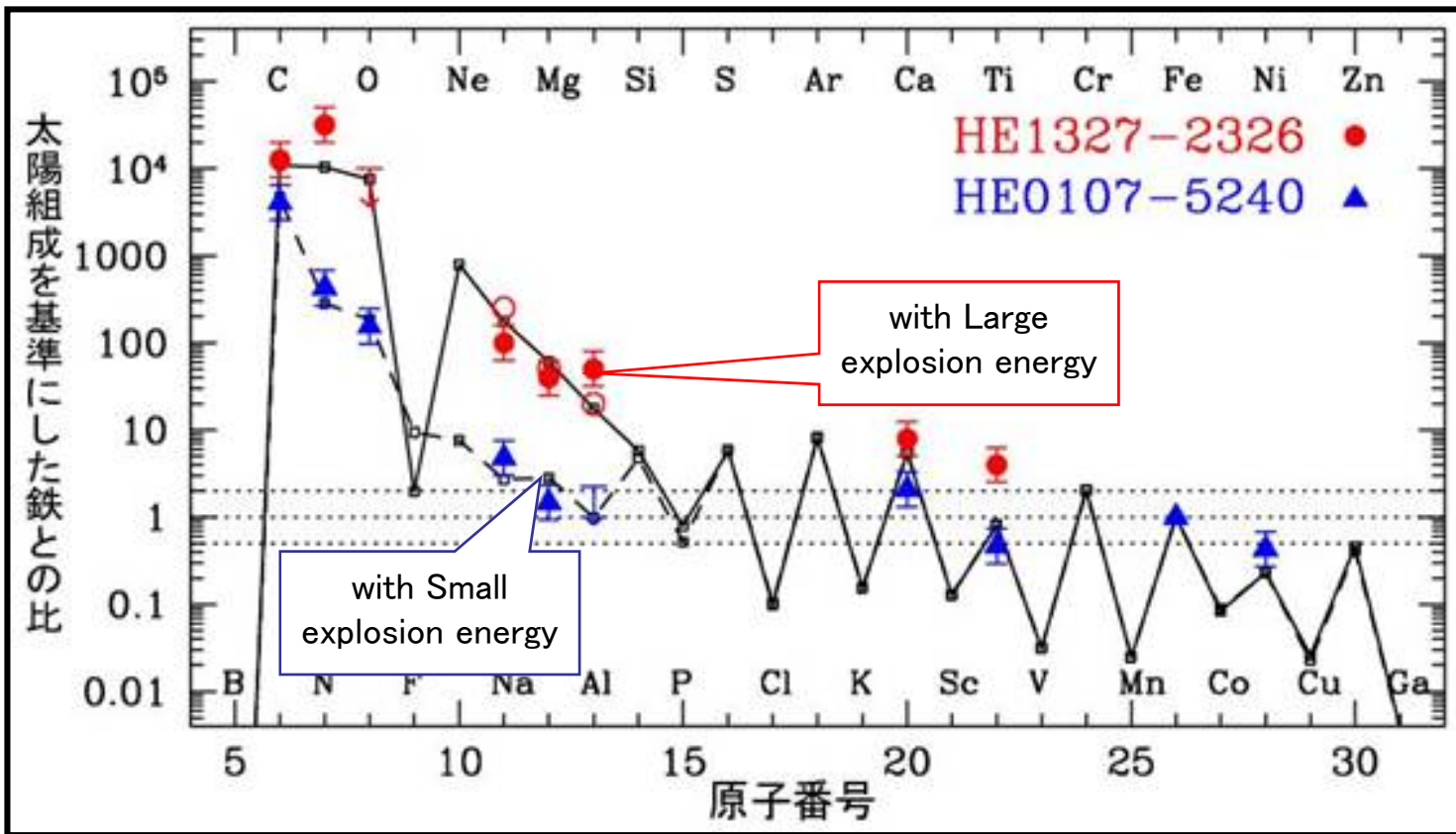


サイクロトロンからのビーム

生成標的 (不安定核ビーム生成)

初期世代星の観測

超金属欠乏星=非常に古い星



ビッグバン
元素 = H, He, (Li)

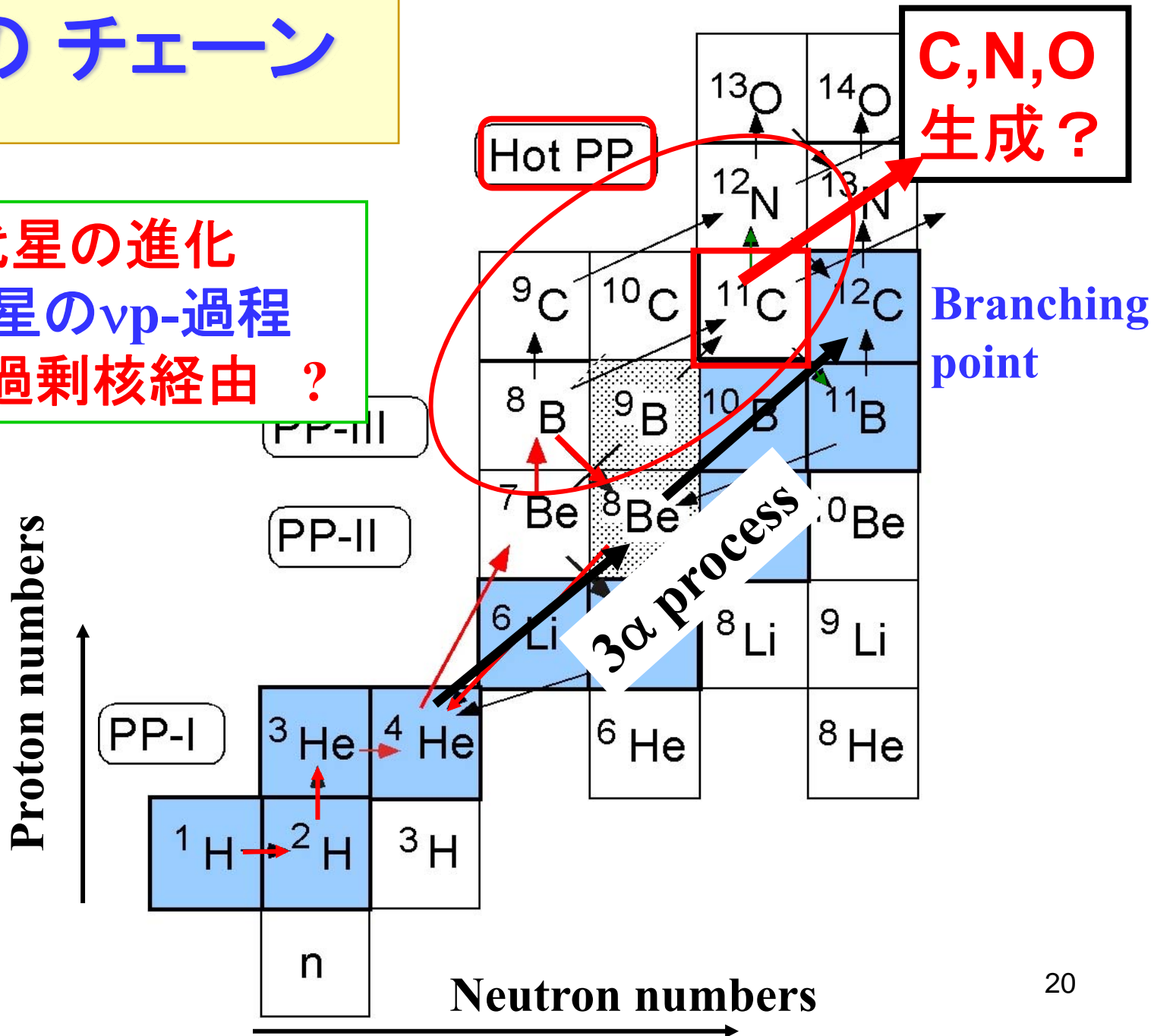
How ?
→
@T, ρ ?

大量の C, N, O + Sr, ..
生成

(Nomoto 06)

高温のチェーン

- ・第一世代星の進化
 - ・II型超新星のvp-過程
- ⇒ 陽子過剰核經由 ?

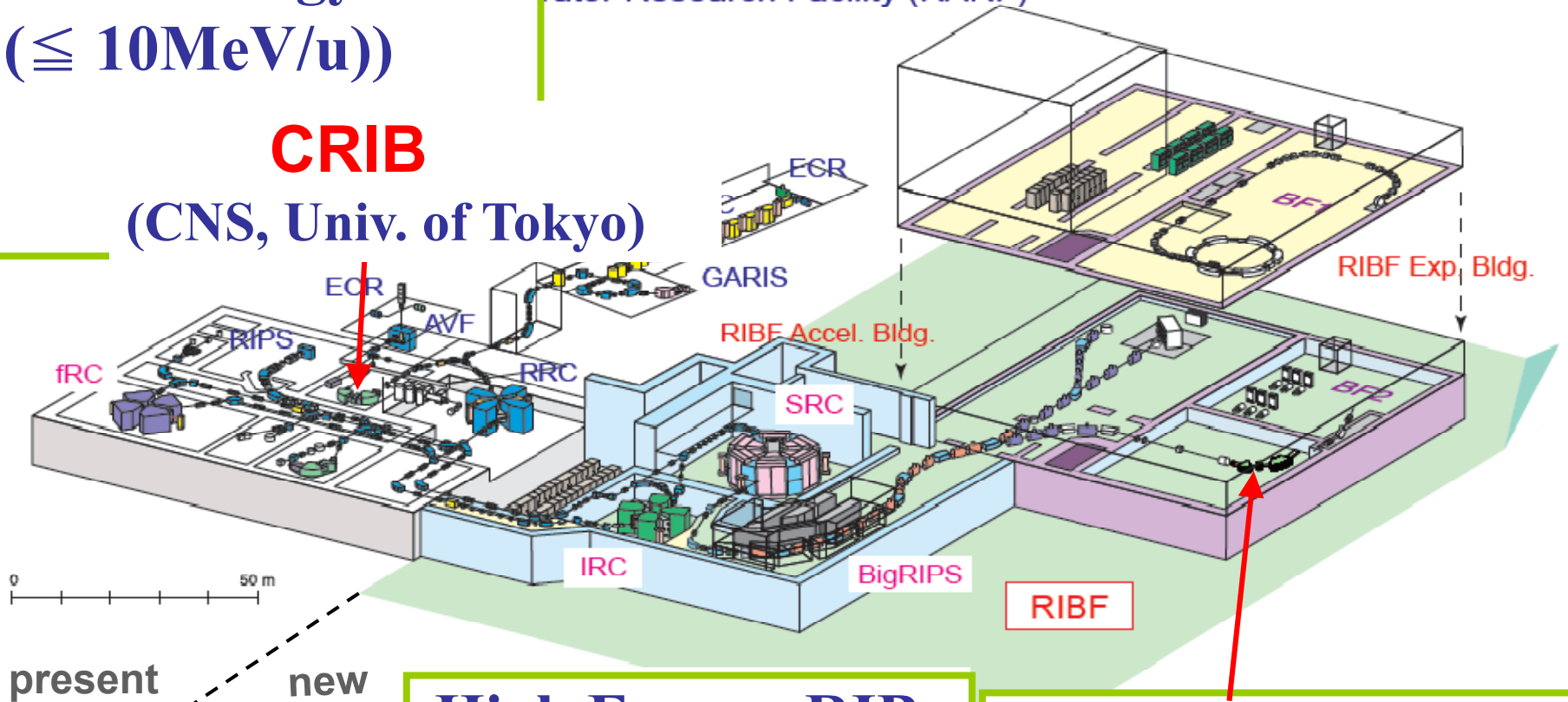


RIKEN RIBF Facility

Low Energy RIBs
($\leq 10\text{MeV/u}$)

CRIB
(CNS, Univ. of Tokyo)

Accelerator Research Facility (ARF)



High Energy RIBs
($\leq 350\text{ MeV/u}$)

SHARAQ
(High-resolution Spectrograph)
(CNS, Univ. of Tokyo)

グループメンバー

久保野 茂	教授	
山口 英斉	助教	
若林 泰生	研究員	
橋本 尚志	研究員	
Dam Nguyen Binh	D1	
David Kahl	D1 (from 2008/10)	
早川 勢也	D1	
栗原 佑蔵	M2	
<hr style="border-top: 1px dashed blue;"/>		
Aram Kim (韓国)	D2	共同研究員
NamHee Lee (韓国)	M2	共同研究員
K. Kwon (韓国)	PD	共同研究員
J. Chen (カナダ)	D1	共同研究員
S. M. Lattizia (イタリア)	D2	共同研究員

CRIBの
共同研究
で学位論
文を制作。

国際共同研究:

韓国 Chung-Ang Univ.、Ewha Univ.、カナダ
McMaster Univ.、オーストラリア国立大、イタリア、ブラジル、
ベトナム、中国、九州大、東北大、山形大、理研

- kubono@cns.s.u-tokyo.ac.jp

- [http://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/
proj/astro/index-j.html](http://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/proj/astro/index-j.html)