

HDSセミナー 2007/05/31

# 炭素過剰金属欠乏星(CEMP)の これまでの研究の総括と今後

青木和光  
国立天文台

炭素過剰金属欠乏星：

Carbon-enhanced metal-poor stars (CEMP)

### CEMPの重要性

-metal-poor stars のある程度の割合（約2割？）は carbon-excessを示す。

Beers et al. (1992), Lucatello et al. (2007)

-C-rich, r-process-rich star CS22892-052 の発見  
(Snedden et al. 1994, 1996)

r-process excess との関連性？ → 後に否定される

-HE0107-5240 ( $[Fe/H]=-5.3$ ,  $[C/Fe]=+4.0$ )の発見  
Christlieb et al. (2002)

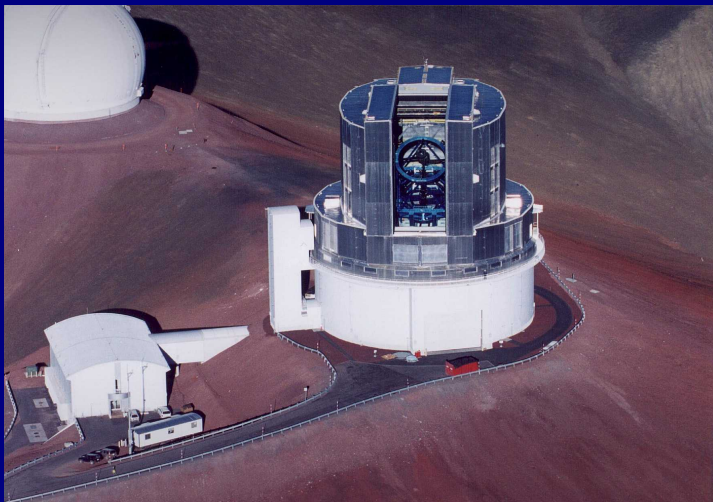
どうしてCEMPが多いのか？Cの起源は？

# CEMPに関するabundance studies

- Cの起源としては AGB (進化の進んだ中小質量星)による元素合成(および連星系における質量移動)が有力候補
  - AGB特有のs-process 元素がみられるか?
    - その組成パターンは? (→s-process の理解)
    - AGBでないとする起源は何か?
      - 特殊な超新星?
- すばるによる観測(2001-2003年)
  - いちおうのまとめ: Aoki et al. (2007)

# すばる/HDSによるCEMPの観測

2001/07	1 night	8天体
2002/10	2 nights	19天体
2003/05	2 nights	7天体
2003-2005	超金属欠乏星(UMP)観測のサンプルに 10天体余り	
2006-2007	SDSS/SEGUEサンプルの観測 (後述)	



# すばる/HDSによるCEMPの観測

2002-2003の観測：

天体数： 約35天体(今回の解析に用いたのは26天体)

波長分解能： R=50,000 (2pixel binning)

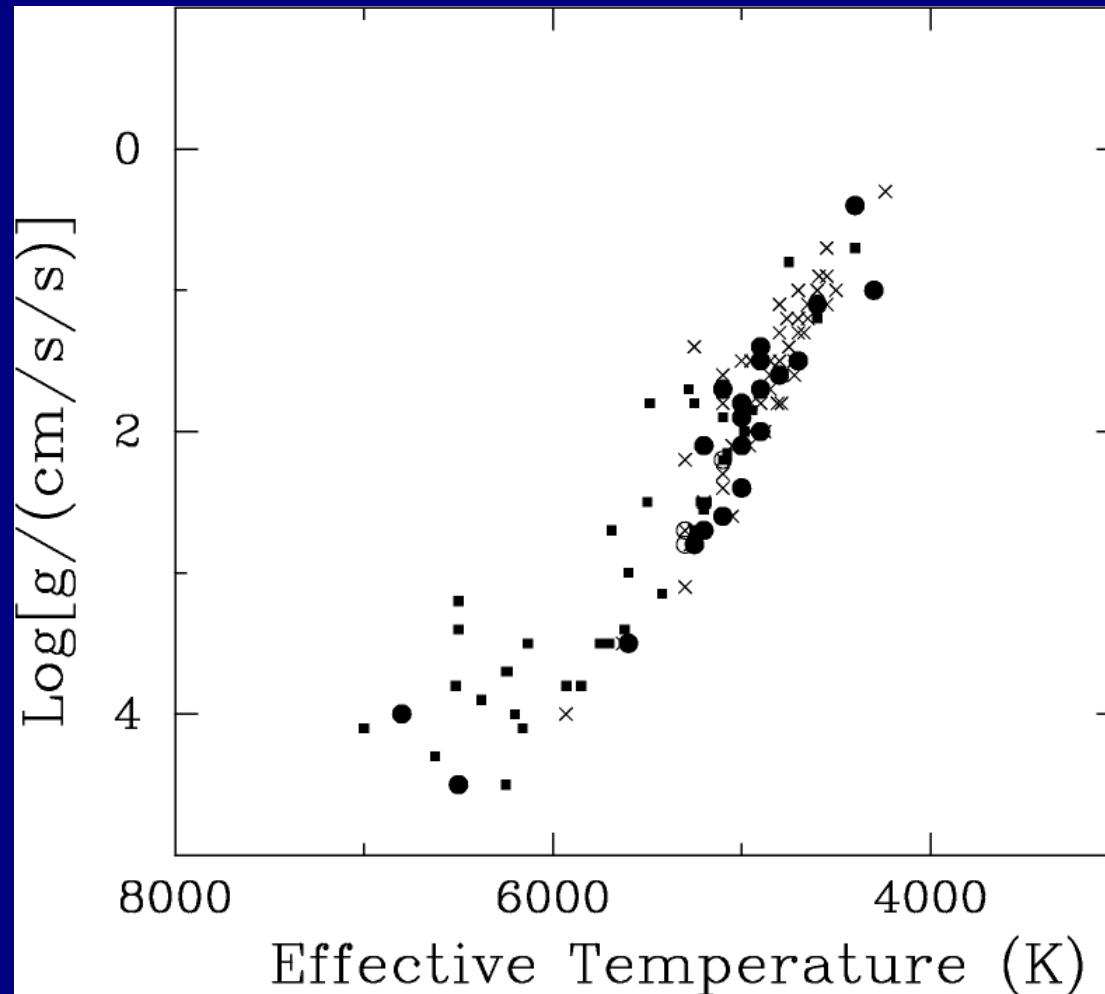
波長範囲： 4100-6800Å

S/N： >~40

測定を行った元素： C, (N), Na, Mg, Ca, Sc, Ti,  
Cr, Fe, Ni, Zn, Sr, Ba

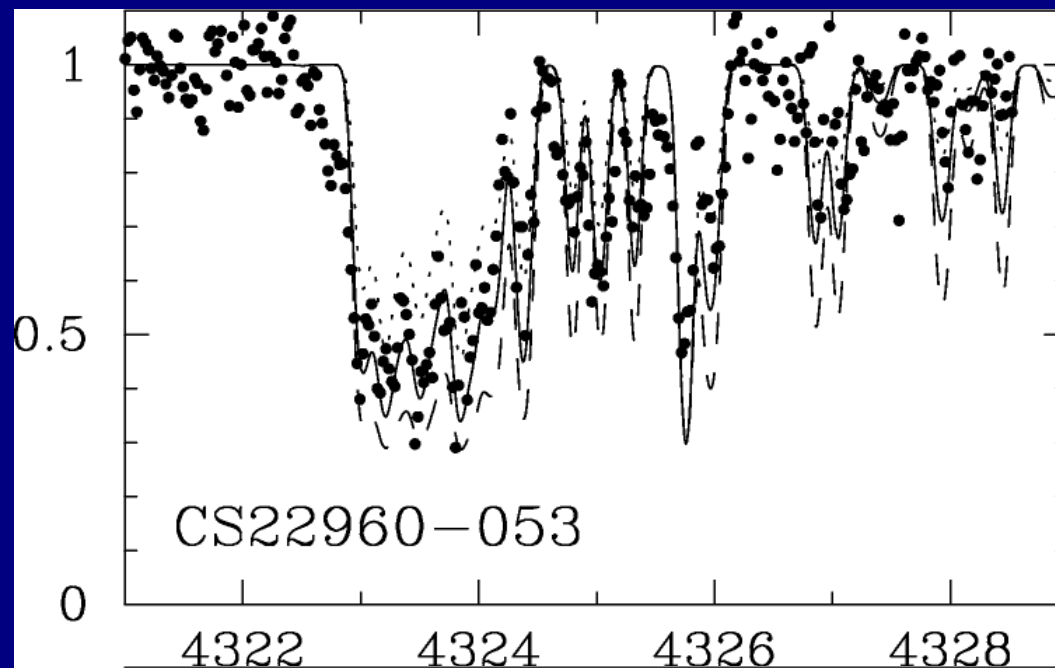
# 大気パラメータ

有効温度 : (V-K)<sub>0</sub> より (Alonso et al. 1996, 1999のスケール)  
表面重力、金属量([Fe/H])、微小乱流速度 : Fe I, Fe II 線より

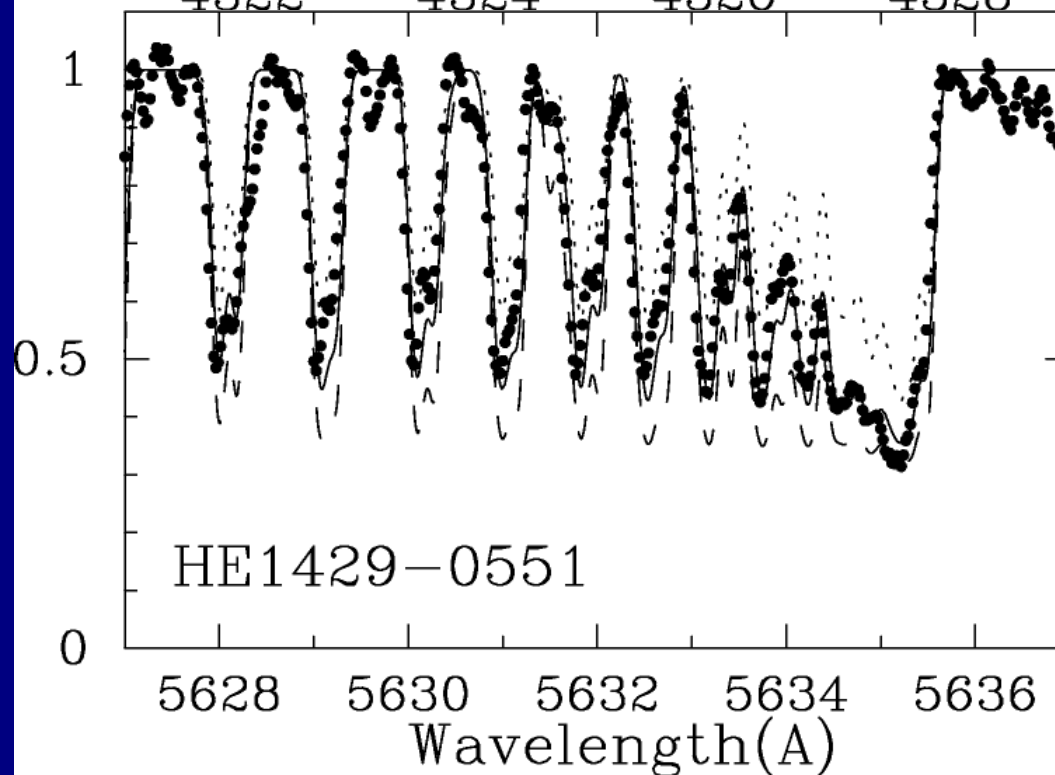


# 炭素組成の決定

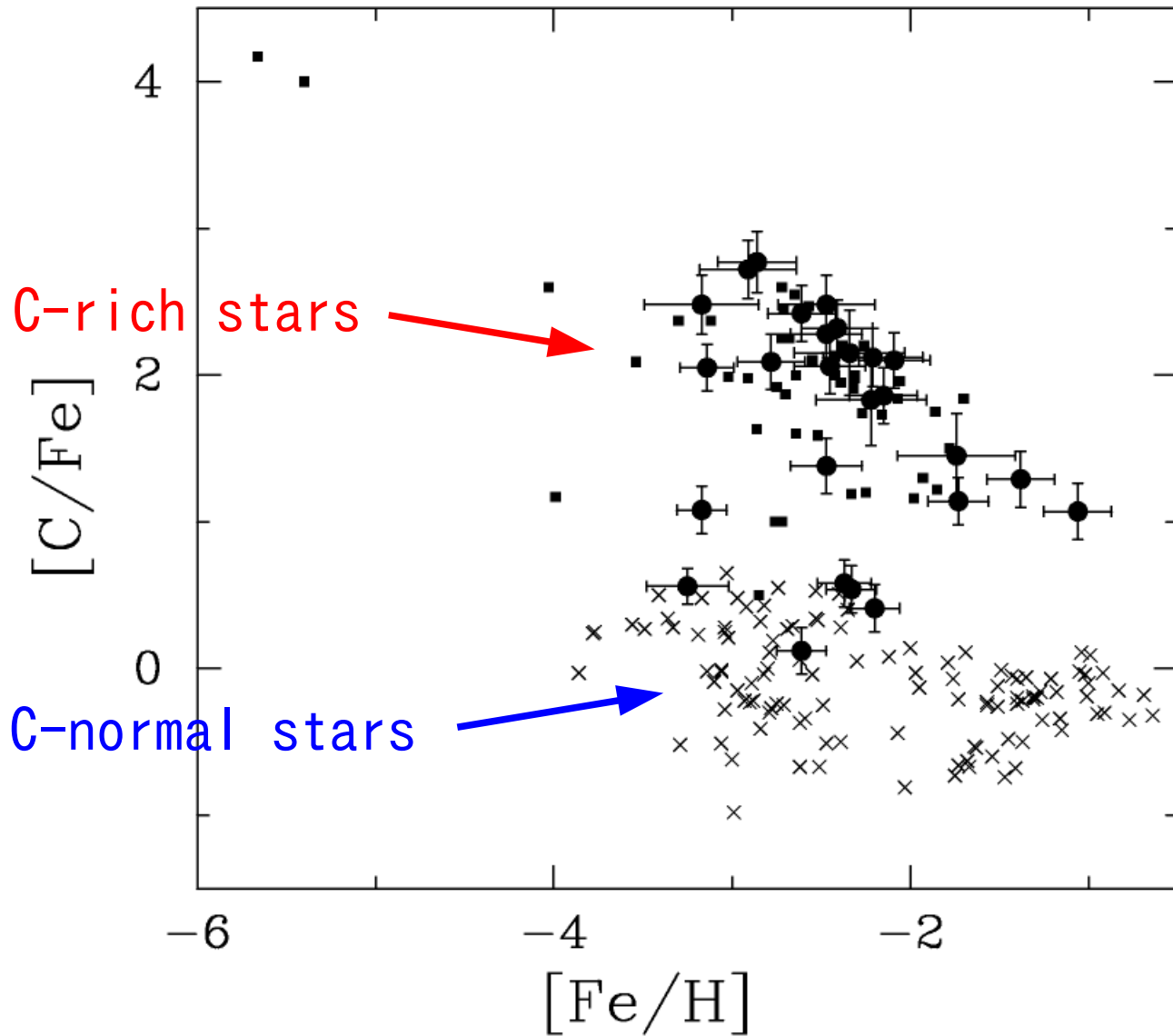
CH分子バンド



C<sub>2</sub>分子バンド

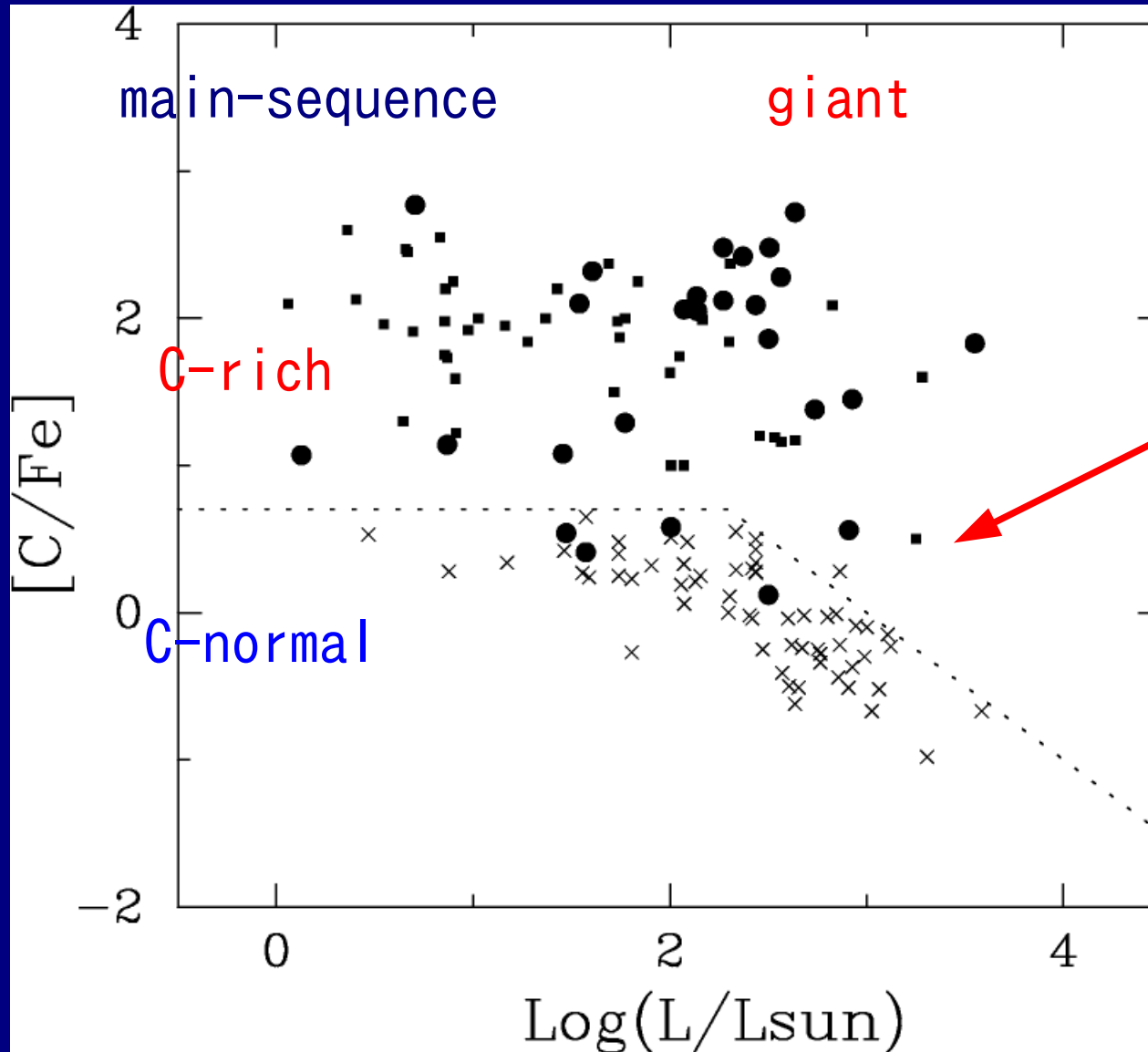


# C-abundance distribution





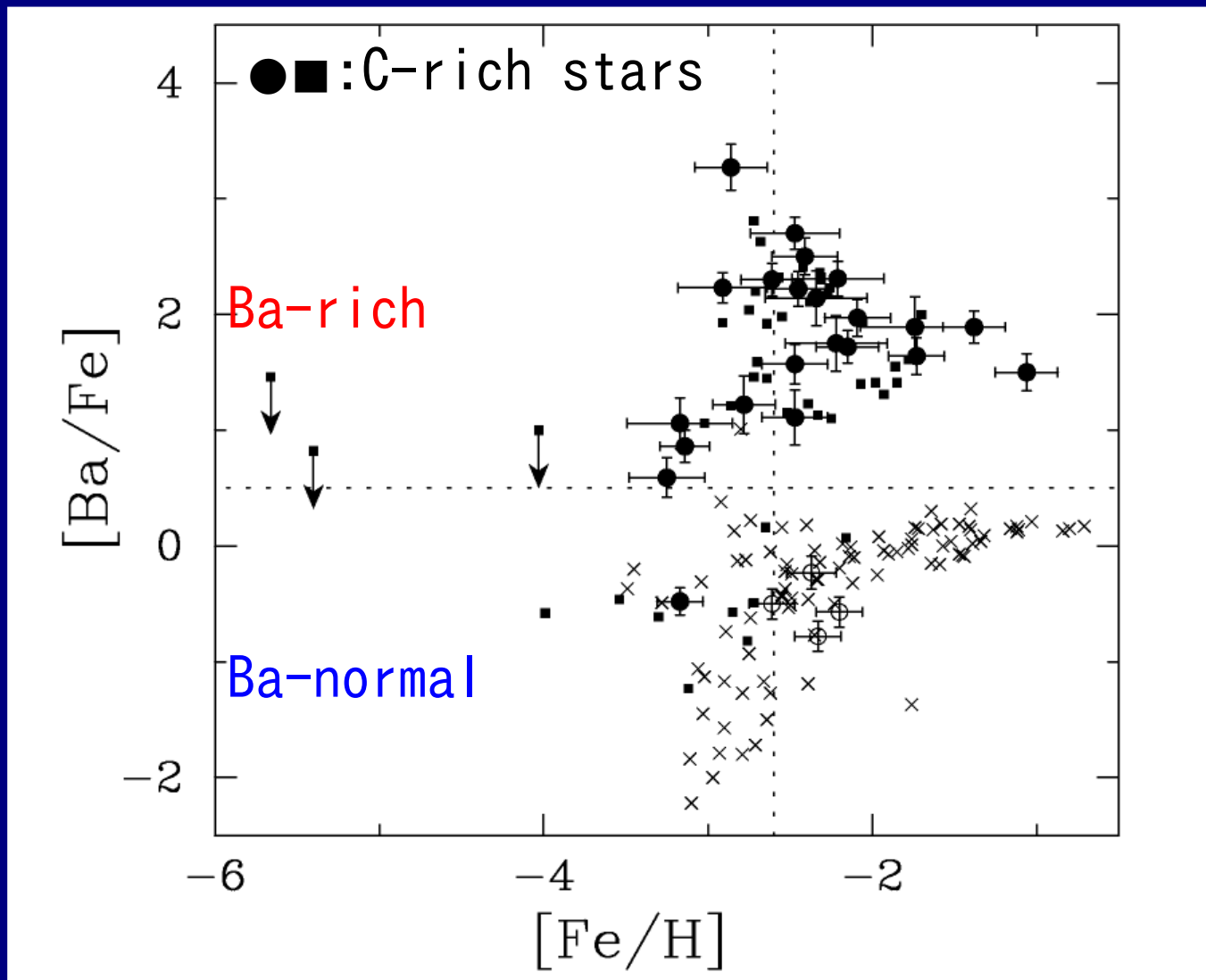
# 観測している天体の進化段階を考慮したCEMPの定義



Giant では  
mixing によ  
り(?) Cが減  
少する効果  
を考慮

L: luminosity

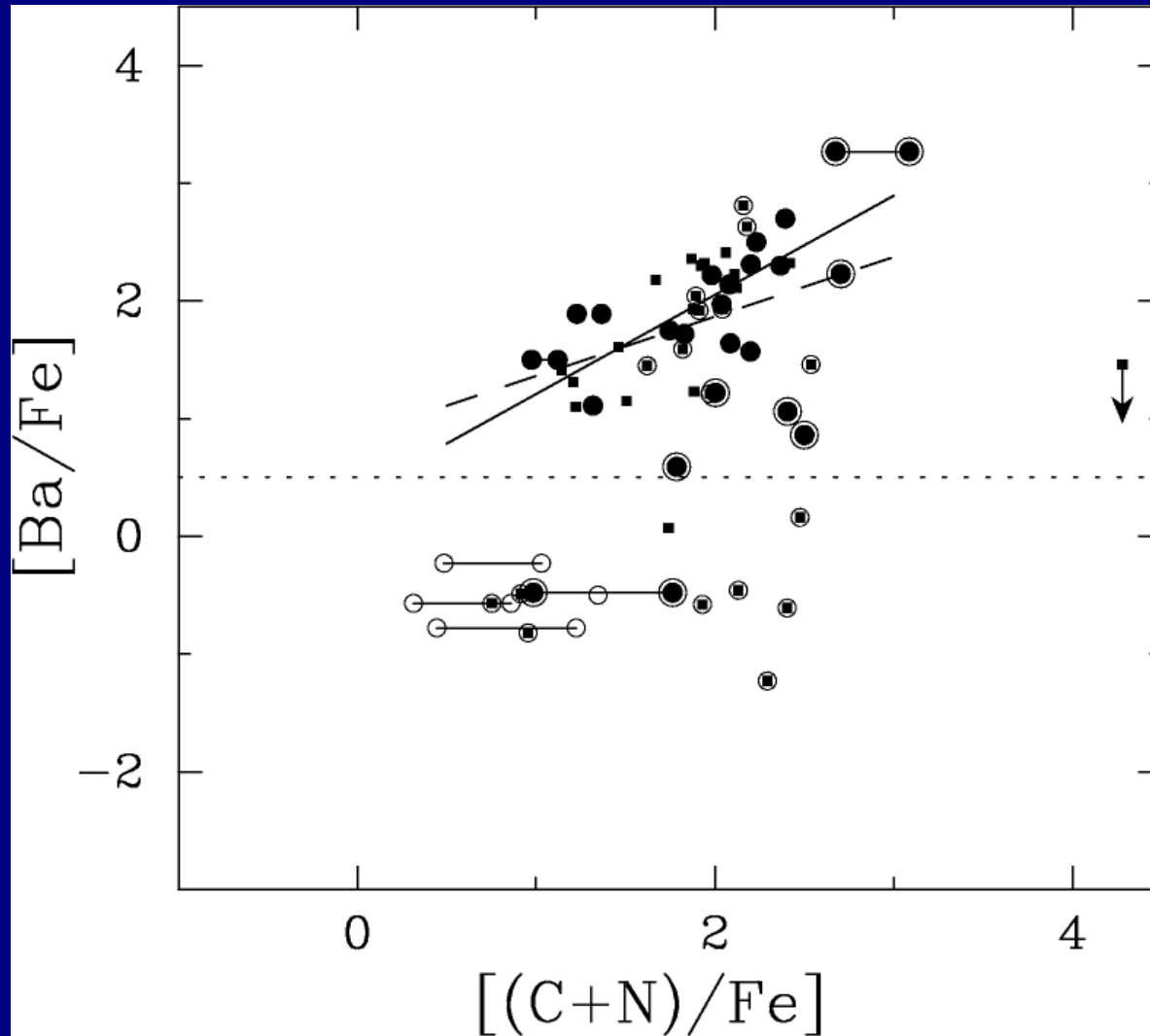
# S-process 元素 (Ba) の過剰がみられるか？



→  $[Fe/H] > -2.6$  の CEMP ではほぼすべて s-process 元素過剰  
  $< -2.6$  では s-process-normal stars も出現

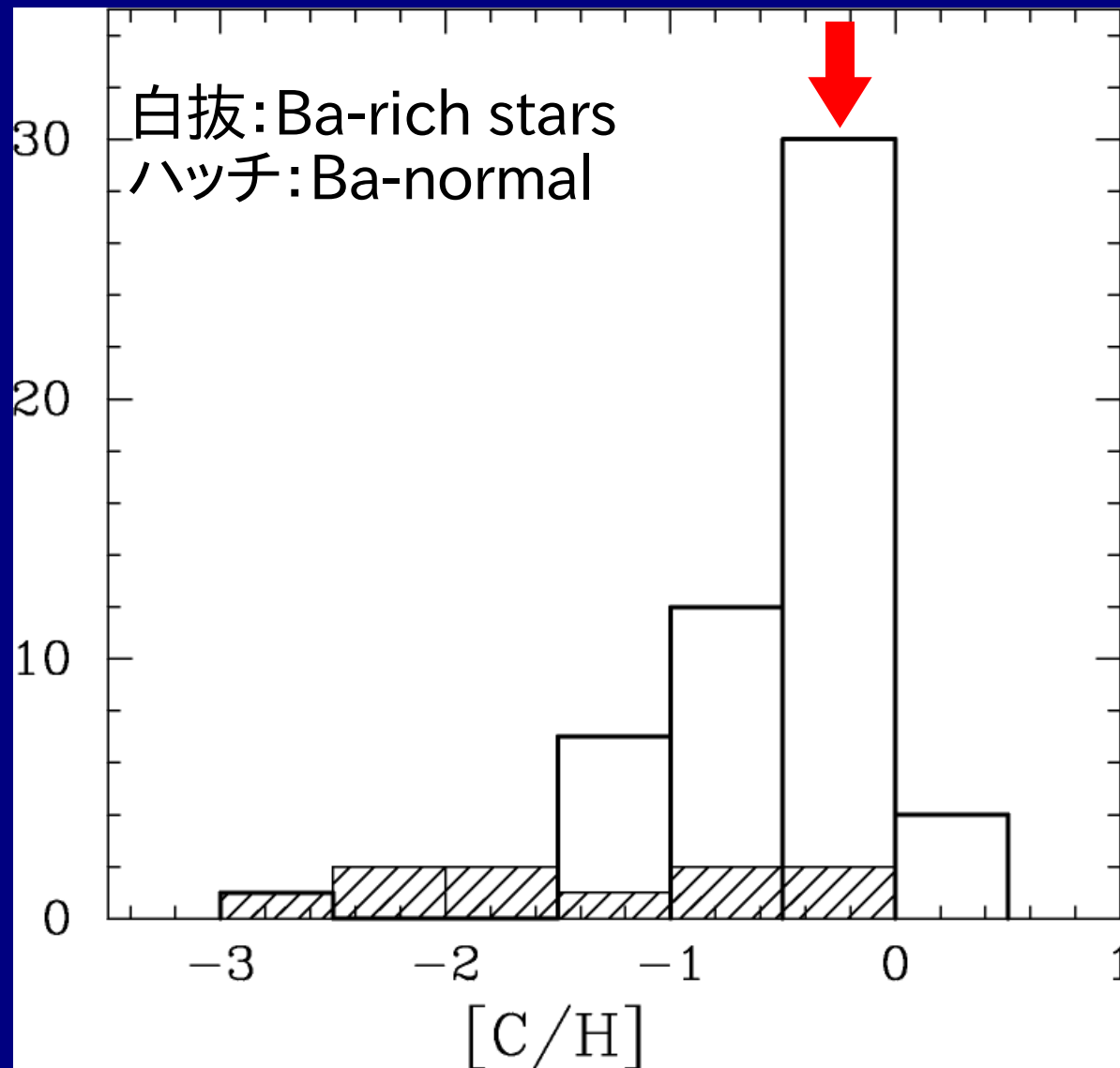
# C(+N)-excess と Ba-excess の相関

CとBaがAGB起源ならば、相関を示すはず...



→相関はあるが、あまりきれいではない

# CEMP の C-abundance distribution



→ s-process-enhanced stars の多くが  $[C/H] \sim 0$   
... AGB 元素合成を直接反映?

## CEMPの組成：まとめ (Aoki et al. 2007)

### 0. CEMPは多数存在

#### 1. $[\text{Fe}/\text{H}] > -2.6$ のCEMP は Ba-rich

→AGB元素合成の結果とみられる。

連星系に属し、AGB星から多量の mass-transfer をうけたと考えられる。

#### 2. $[\text{Fe}/\text{H}] < -2.6$ では Ba-normal な CEMP も増加

→この金属量領域で CEMP が多い要因のひとつ。

HMP もこのグループに入る (後述)

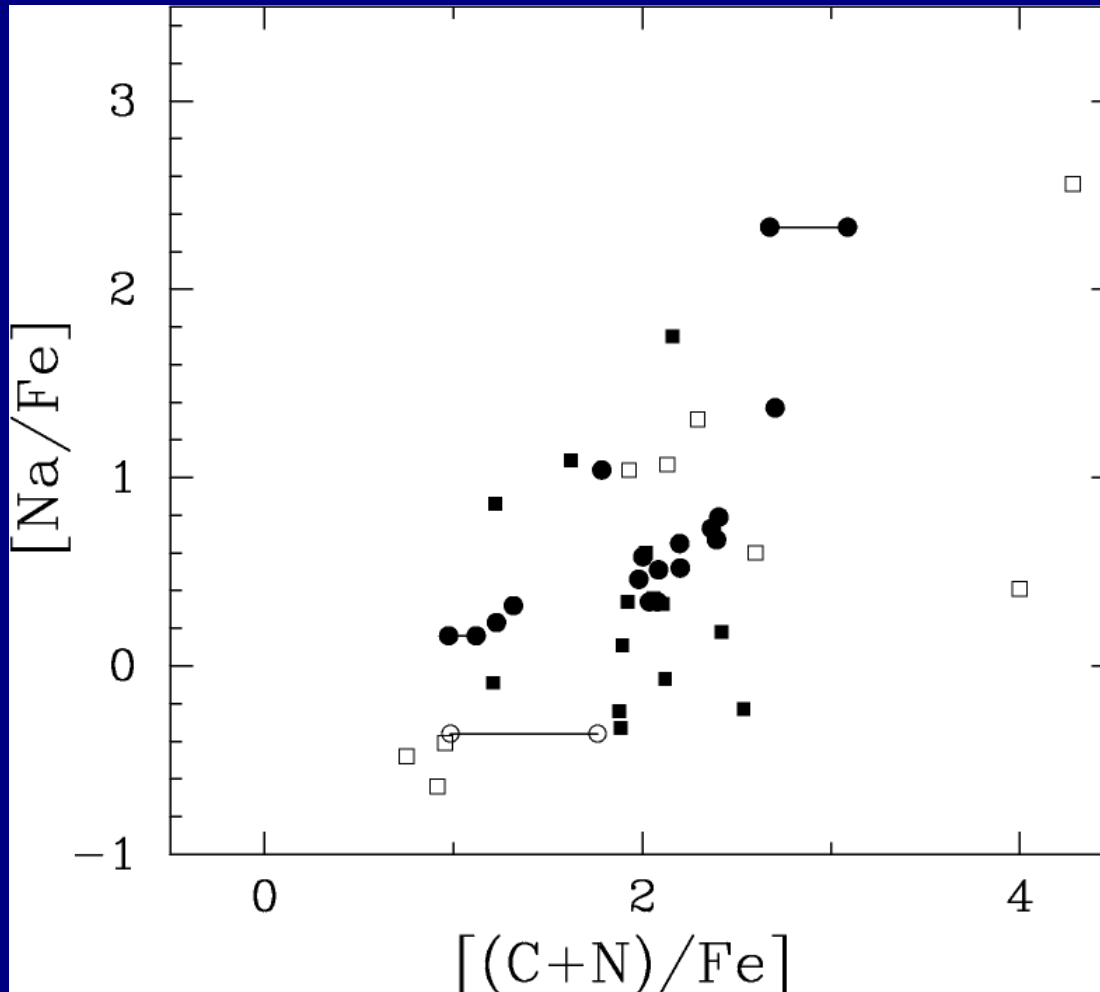
#### 3. $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -3$ では C-Ba の相関はあまりきれいでない

→AGB 元素合成の金属量依存性？

#### 4. Ba-rich stars には $[\text{C}/\text{H}] \sim 0$ でカットオフ

→AGBでは $[\text{C}/\text{H}] \sim 0$ がつくられ、伴星に大量に降着

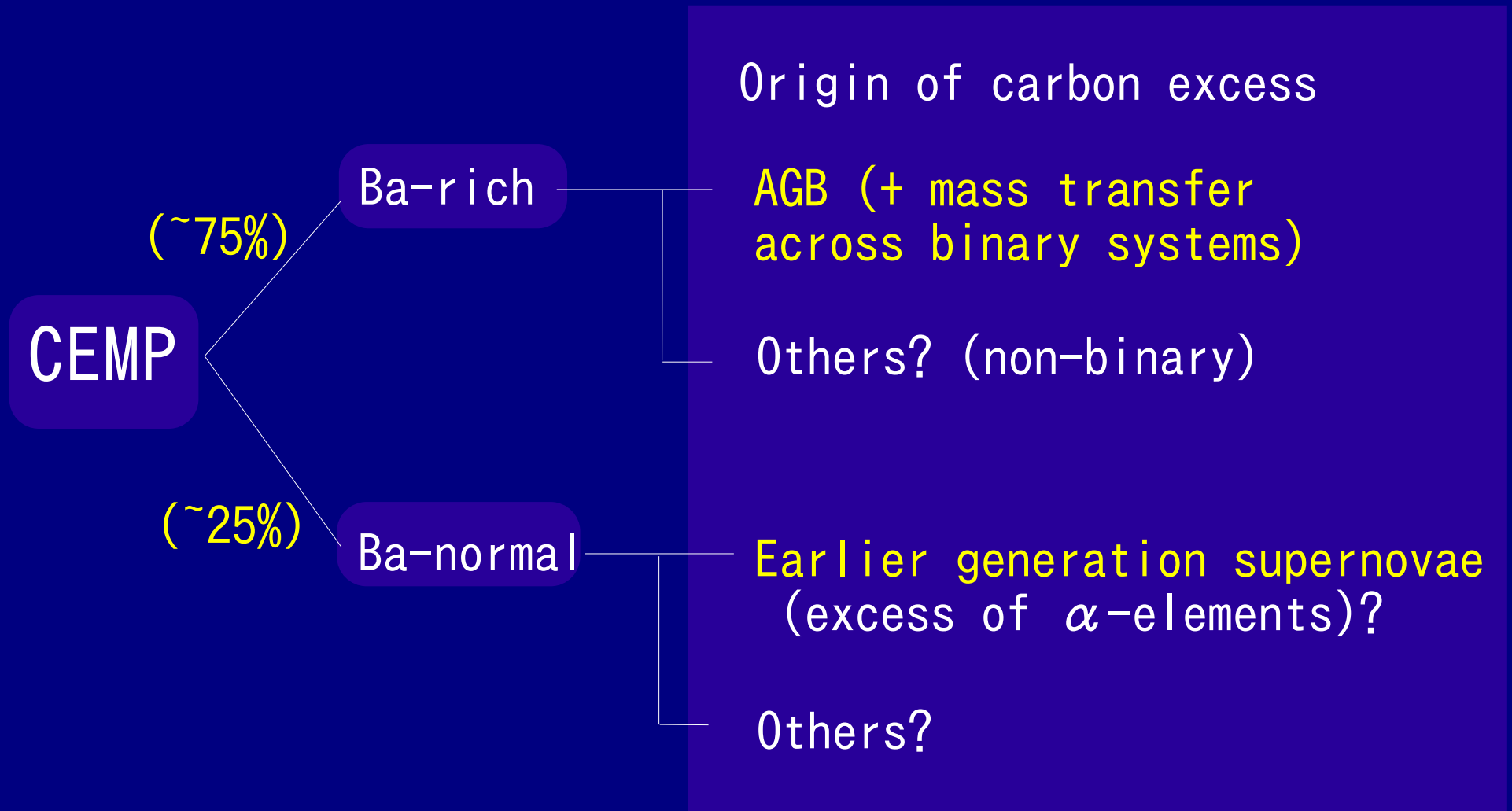
# Na enhancements in some CEMP stars (今後の考察が必要)



解析において  
NLTE効果は考慮  
してある

→Na-rich starsはいずれも very (C+N)-rich  
もう少し考察が必要

# CEMPの分類とそれぞれの起源

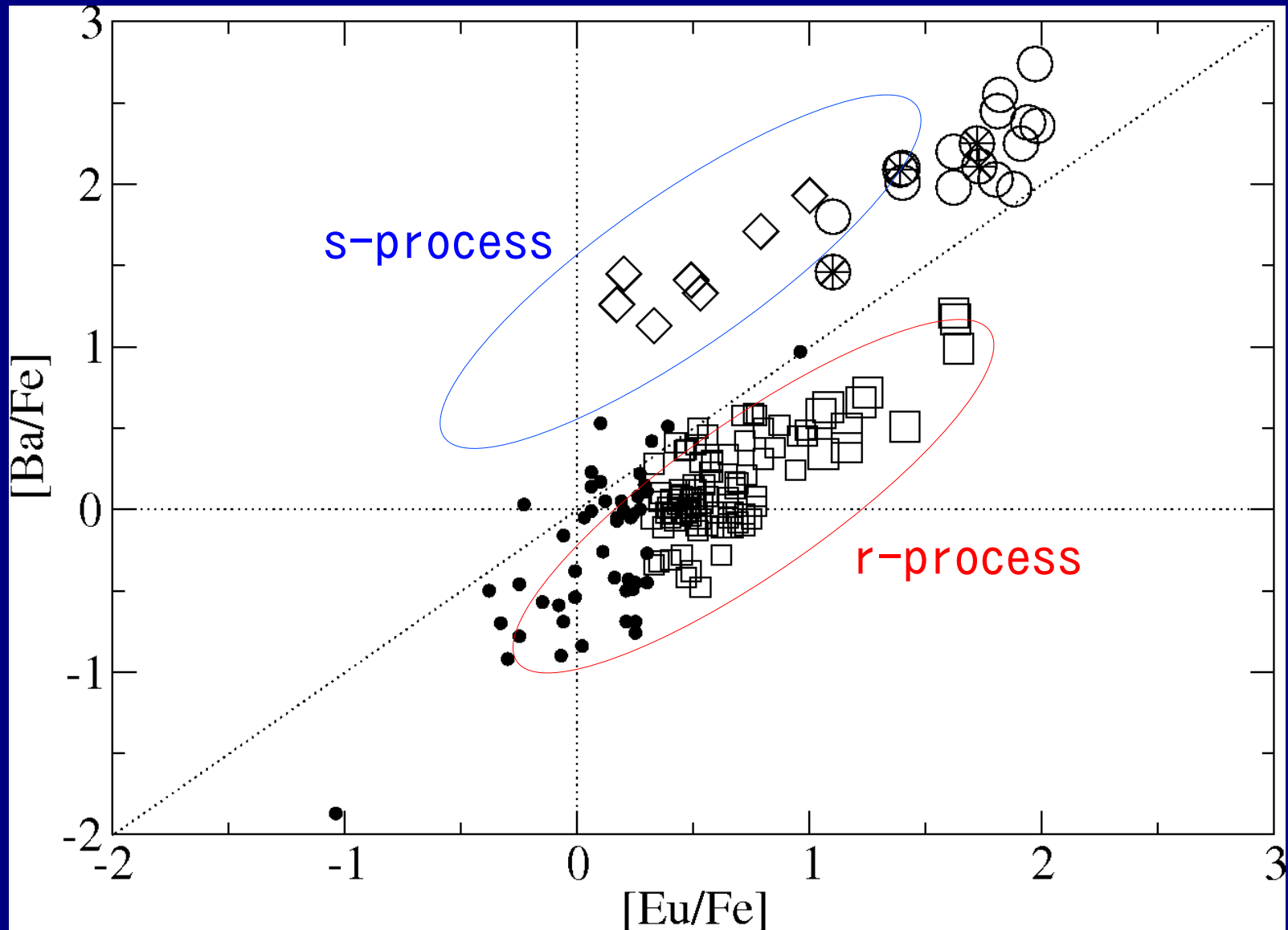


# CEMP研究の課題： それぞれのグループの詳細研究／起源探求

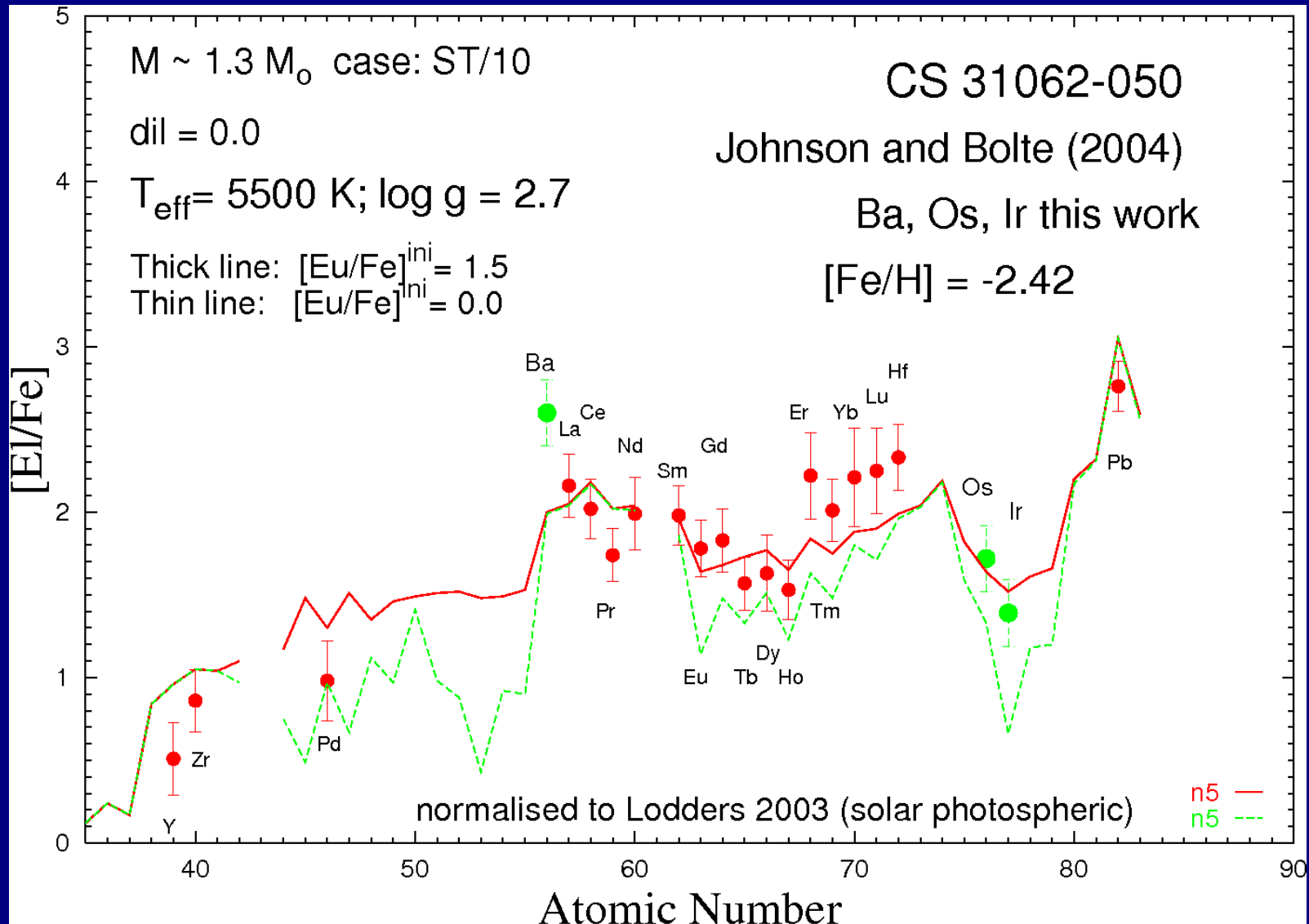
- S-process-enhanced stars
  - AGB星におけるs-process モデルとの比較  
問題点：r/s stars の存在
  - binarity の確認  
長期（10年以上？）のモニターが必要
  - Li組成  
問題点：Li-rich stars の存在
- s-process-normal stars
  - C-excess の起源は？ 細分類が必要？



# r/s stars の問題



# Abundance pattern of neutron-capture elements in the *rs* star CS31062-050

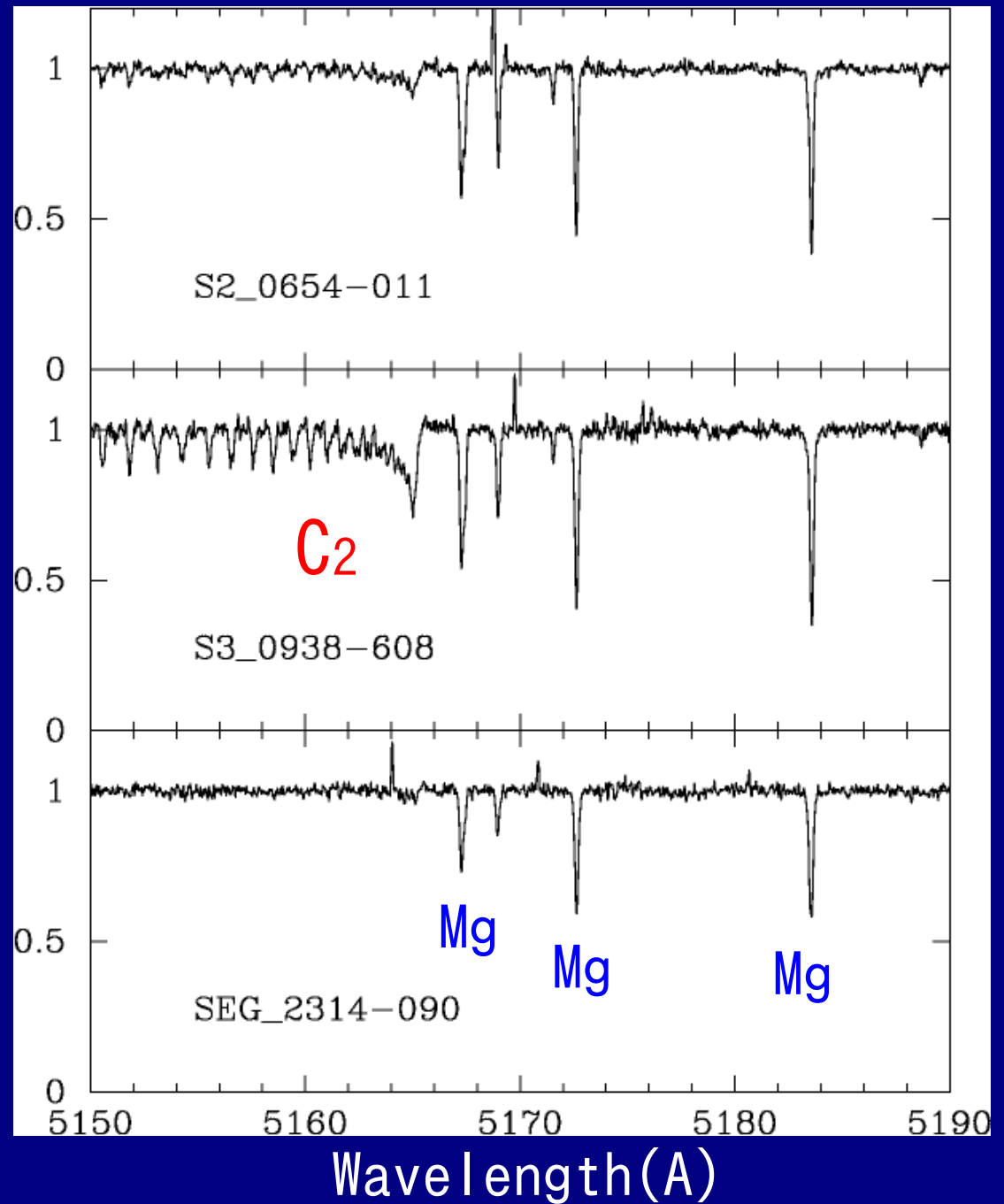


Aoki et al. (2006)

# SDSS/SEGUEサンプルからのCEMP観測

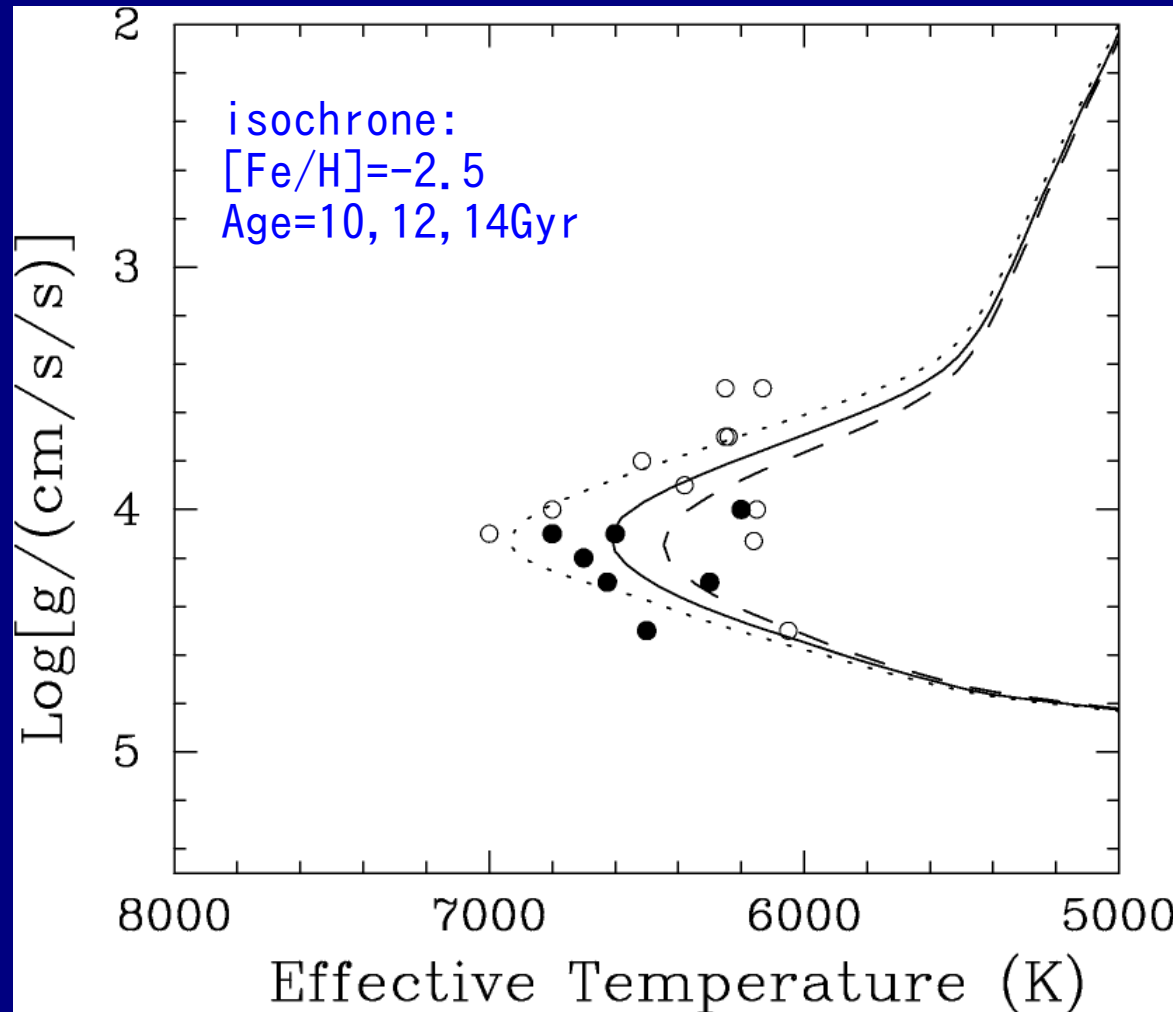
2006/03	3 nights	0天体
2006/09	1 night	4天体→3天体がCEMP 比較星1 (LP706-7)
2007/02	2 nights	4天体→2天体がCEMP 比較星1 (CS29526-110)

# SDSS/SEGUE天体の Subaru/HDSによる スペクトルの例

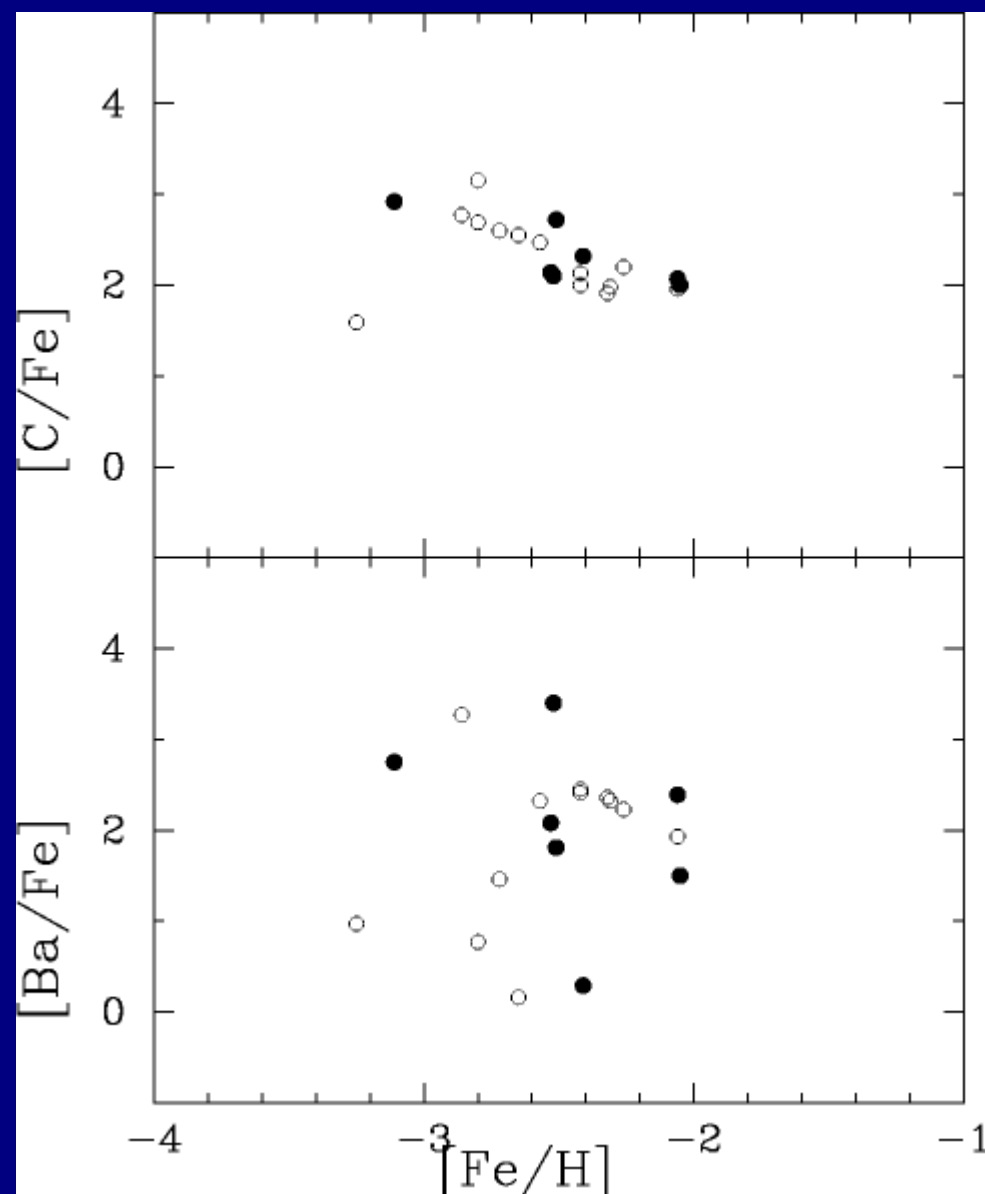


# 大気パラメータ

有効温度：(V-K)<sub>0</sub> より (Alonso et al. 1996 のスケール)  
表面重力、金属量([Fe/H])、微小乱流速度：Fe I, Fe II 線より



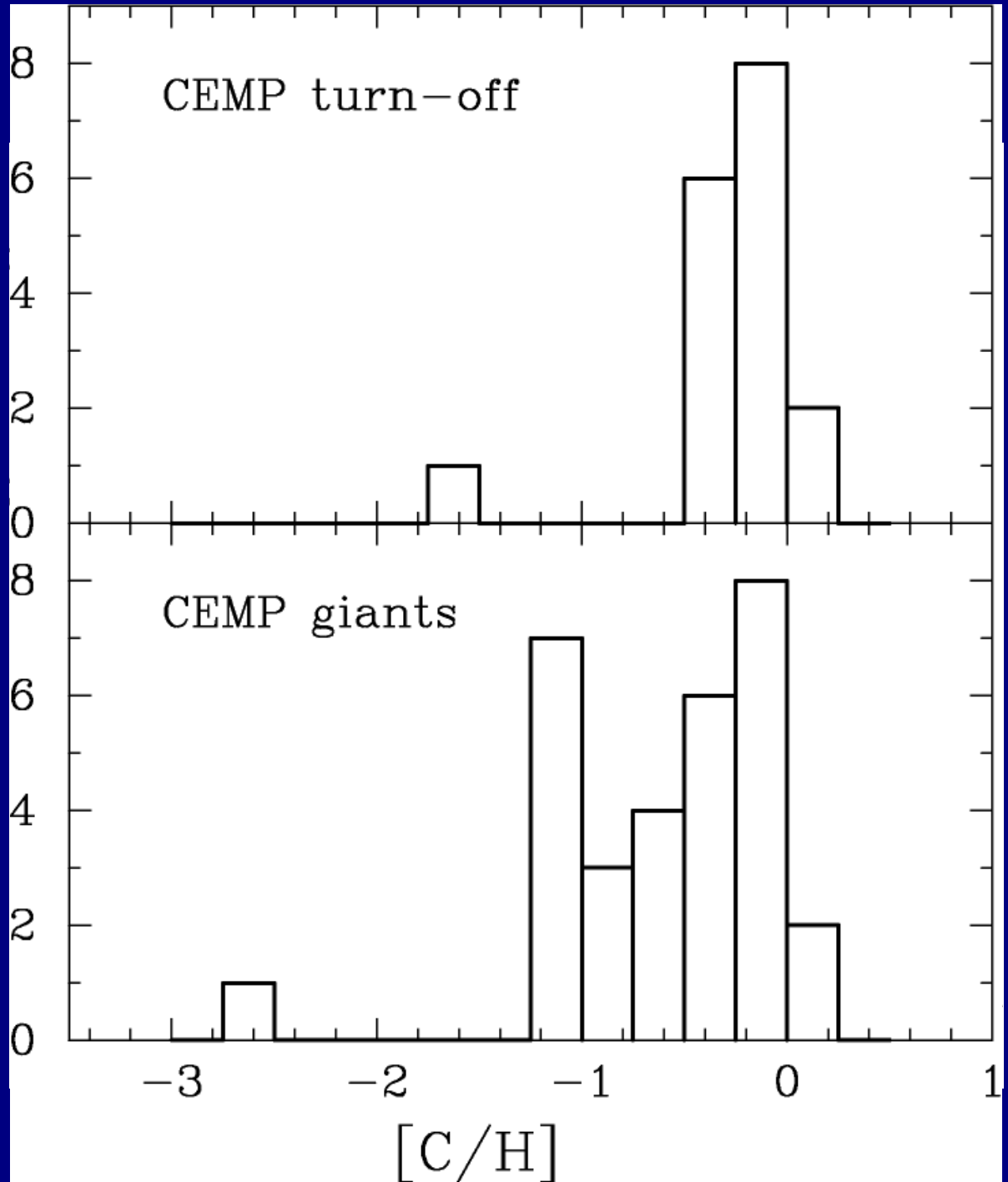
# [C/Fe]と[Ba/Fe]



# [C/H] 分布 (Ba-rich stars)

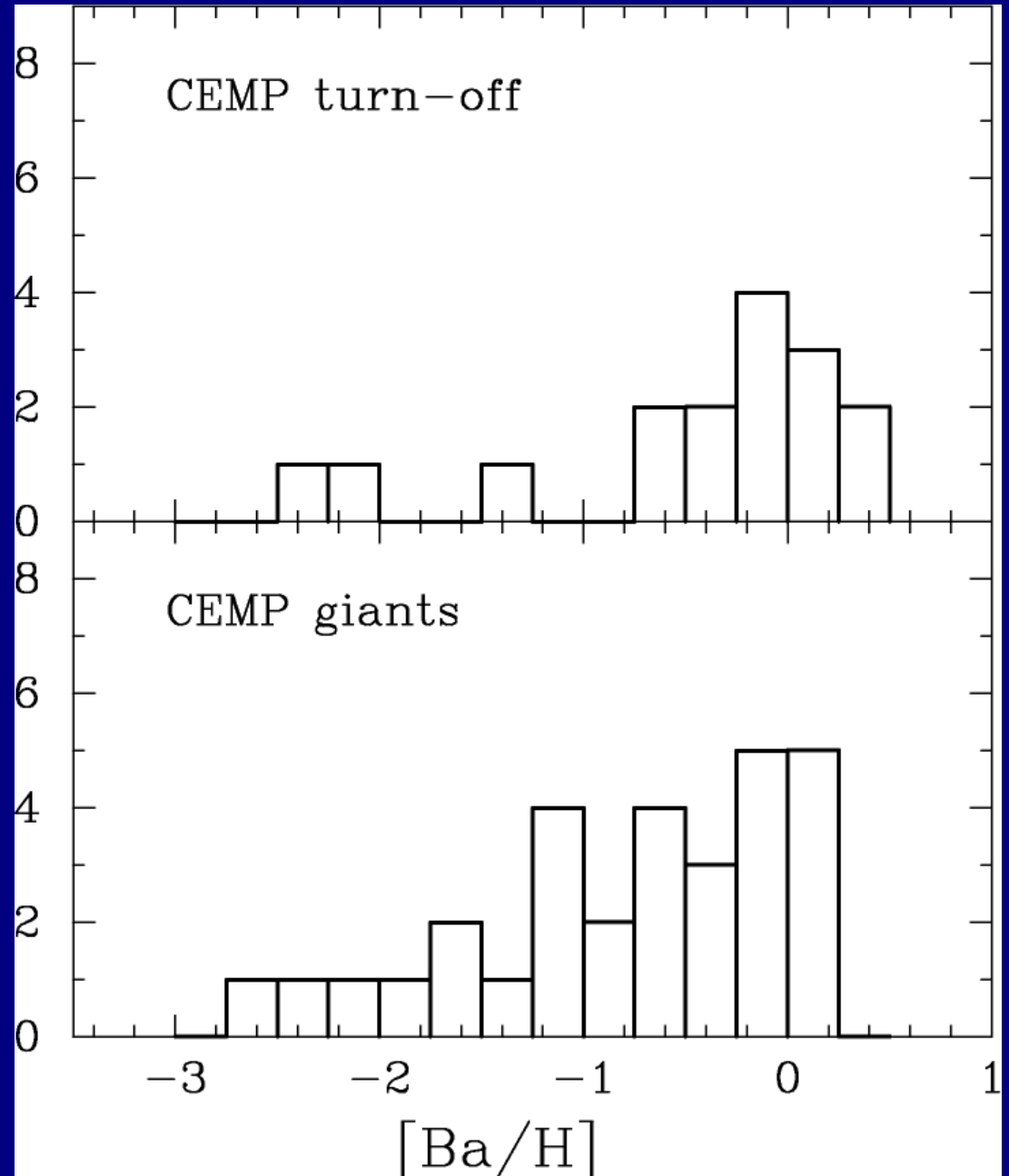
Turn-off 星では、AGB星で作られる[C/H]( $\sim 0$ )がほぼそのまま観測されている。

Giants に進むと dilution が効いてくる。



# [Ba/H] 分布 (Ba-rich stars)

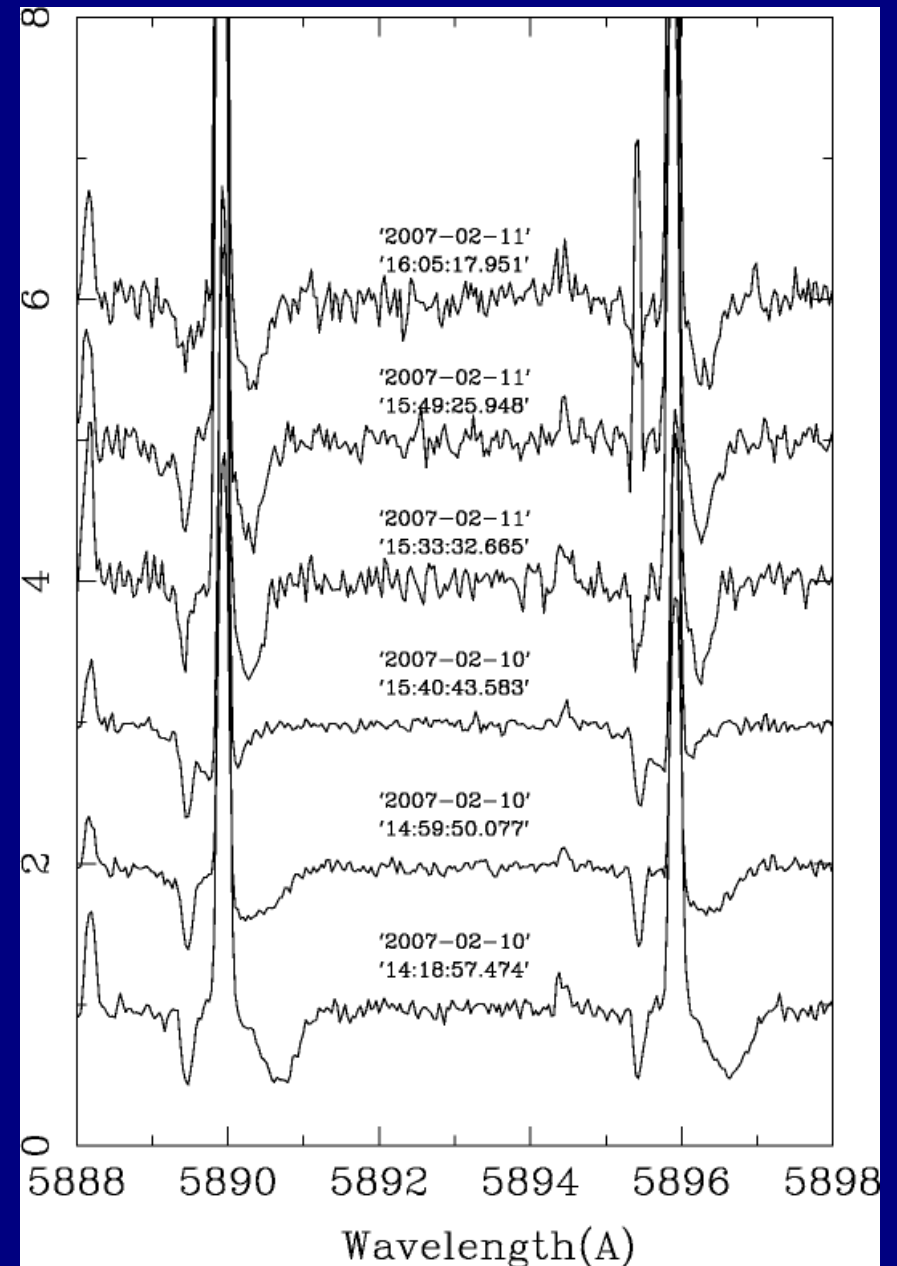
[Ba/H]にはturn-off星  
内でも大きな分散  
→AGB星でつくられる  
[Ba/H]に1桁程度の分散  
(金属量依存性? 質量  
依存性??)





# s2\_0353-195にみられた視線速度変化

1 晩めには40分の積分中に約17km/s の変化！  
→close binary?  
common envelope での  
mass transfer?



# 炭素過剰金属欠乏星(CEMP)の これまでの研究の総括と今後 まとめ

- CEMPの分類とその内訳（割合）はある程度明らかになってきた(Aoki et al. 2007)。個々のグループの理解が当面必要であろう。
- C過剰がAGB起源の星の場合、連星系での質量移動のプロセス（移動する質量、dilution 効果など）は観測的に見積もることができる(turn-offとgiantの比較)。Close binary も特殊（極端）なケースとして位置づけられる。
- AGB星における s-process元素合成は複雑である。モデルとの比較のための組成パターンの調査はさらに必要である。
- s-process 元素過剰を示さない星は、低金属量で重要になるが、起源は未解明である。さらに細分類が必要かもしれない。