

# 短寿命核種ニオブ-92の起源と太陽系の形成過程

\*日比谷 由紀<sup>1,2</sup>, 飯塚 毅<sup>2</sup>, 榎本 葉月<sup>2</sup>, 早川 岳人<sup>3</sup>.

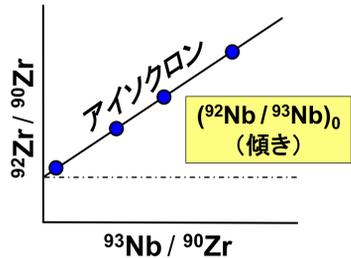
<sup>1</sup>海洋研究開発機構 (E-mail: [hibiyuki@jamstec.go.jp](mailto:hibiyuki@jamstec.go.jp)), <sup>2</sup>東京大学大学院, <sup>3</sup>量子科学技術研究開発機構

## イントロダクション

<sup>92</sup>Nb-<sup>92</sup>Zr system ( $T_{1/2} = 37 \pm 5$  Ma)

$$\frac{{}^{92}\text{Zr}}{{}^{90}\text{Zr}} = \left(\frac{{}^{92}\text{Zr}_0}{{}^{90}\text{Zr}_0}\right) + \left(\frac{{}^{93}\text{Nb}}{{}^{90}\text{Zr}_0}\right) \left(\frac{{}^{92}\text{Nb}_0}{{}^{93}\text{Nb}_0}\right)$$

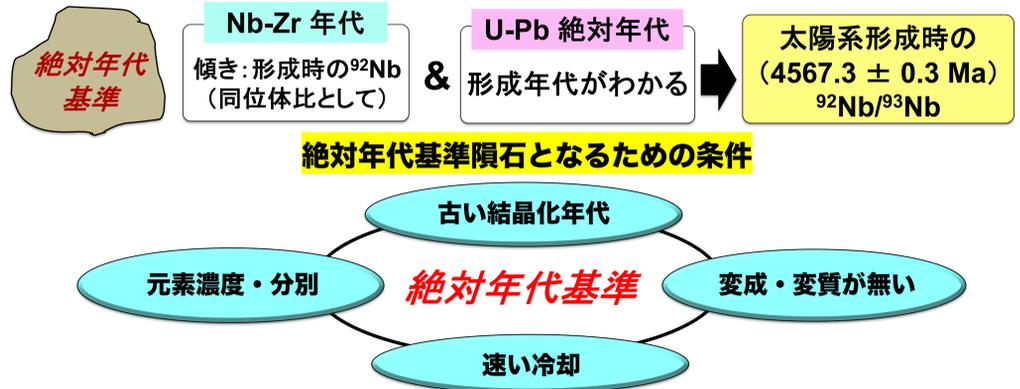
初期存在度比 初期存在度比  
分析値 切片 分析値 傾き



“<sup>92</sup>Nbは消滅核種であり、現在の太陽系では検出不可”

- ◇ 初期太陽系における <sup>92</sup>Nb の初期存在度の決定
- ◇ 初期太陽系における <sup>92</sup>Nb の均質性の評価
- ◇ <sup>92</sup>Nb の核合成起源の解明 **が重要。**

## <sup>92</sup>Nb 初期存在度を求めるために ~年代基準隕石の必要性~

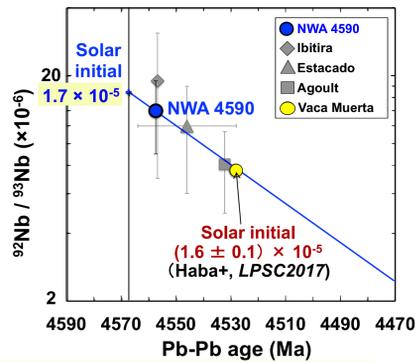


## 先行研究

<sup>92</sup>Nb は、初期太陽系において均質に分布していた。

### ❖ NWA4590アングライト (Nb-Zr年代基準)

- Agoult (Euclite, 玄武岩質エコンドライト)
- Ibitira (玄武岩質エコンドライト)
- Estacado (H6, 普通コンドライト)
- Vaca Muerta (石鉄隕石)



<sup>92</sup>Nb/<sup>93</sup>Nb 初期存在比  $(1.7 \pm 0.6) \times 10^{-5}$  (Iizuka+ 2016)

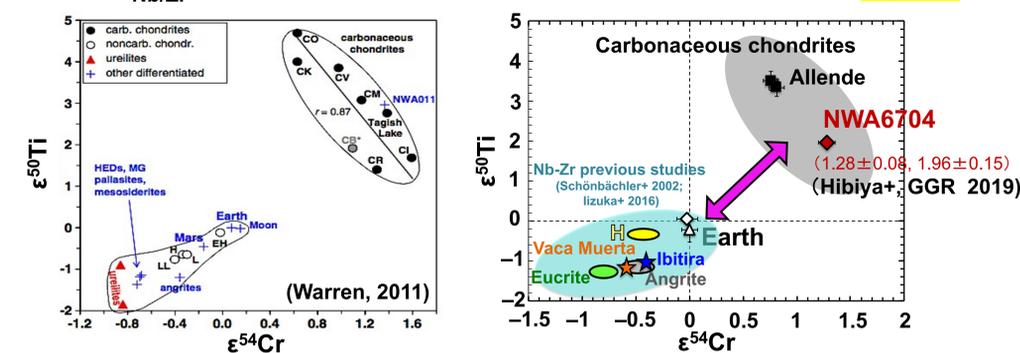
! 太陽系内のより広い領域での均質性の評価が必要!

## NWA6704 隕石

(Hibiya+, GCA 2019)

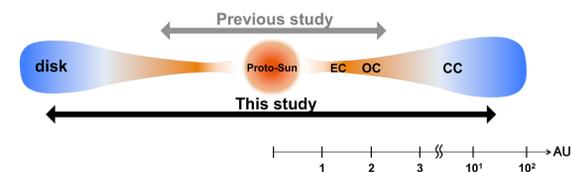
Orthopyroxene	Olivine	Plagioclase	Awaruite	Cr-spinel	Merrillite	Total
En 53-57 Wo 2.8-4.3	Fa 50-53	Ab 91-93	Fe: 20% Ni: 80%	Cr/(Cr + Al) = 90-96	—	—
76.9	11.6	11.1	0.27	0.14	0.05	100

- 未分類のエコンドライト (fresh な火成岩組織: S1-2)
- 古い U-Pb 年代:  $4562.76 \pm 0.30$  Ma (Amelin+, 2019)
- Nb-Zr 年代測定が適用可能. (左図)
- 速い冷却速度 ( $> 10^{-1}$  °C/yr).
- 母天体の集積領域: 炭素質コンドライトと同領域 = 外側由来



## 本研究

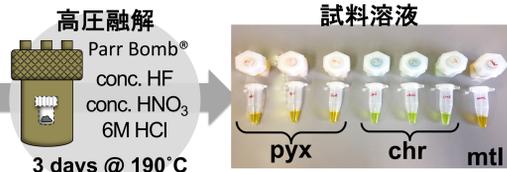
NWA6704の高精度Nb-Zr年代測定を実施し、短寿命親核種 <sup>92</sup>Nbの 外側太陽系における初生存在度を決定した。



## 研究手法

### 1. 試料溶解

- Whole rock: 2 fractions (Zr: 4 ppm)
- Pyroxene: 4 fractions (Zr: 3 ppm)
- Chromite: 6 fractions (Zr: 8-18 ppm)
- Metal: 1 fraction (Zr: < 2 ppm)



### 2. Zr化学分離

- ① Fe removal (AG1-X8 anion exchange resin)
- ② Zr separation (Ln-resin)
- ③ Additional mini column

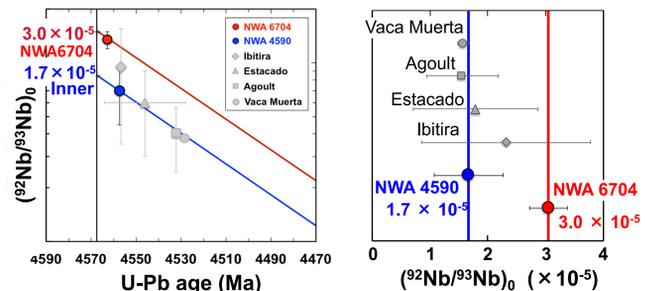


### 3. 質量分析

- Nb-Zr 比測定 ... iCAP Q<sup>TM</sup> ICP-MS
- Zr 同位体比分析 ... solution MC-ICPMS

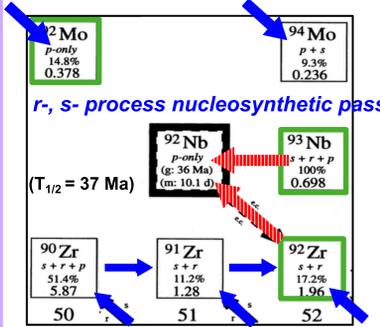
## 初期太陽系年代学

- ❖ 内側太陽系の <sup>92</sup>Nb初生値  $(1.7 \pm 0.6) \times 10^{-5}$  は、外側太陽系物質のNb-Zr年代測定において使用できない。
- ~ 30 Maの年代差に相当

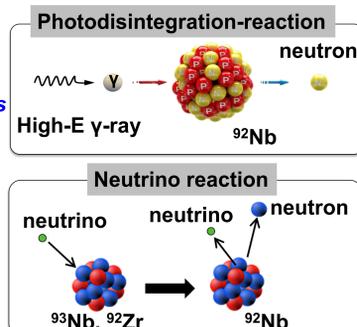


## 元素合成

< <sup>92</sup>Nb 周辺の核図表 >



<sup>92</sup>Nbは、r-プロセスやs-プロセスでは合成されない。

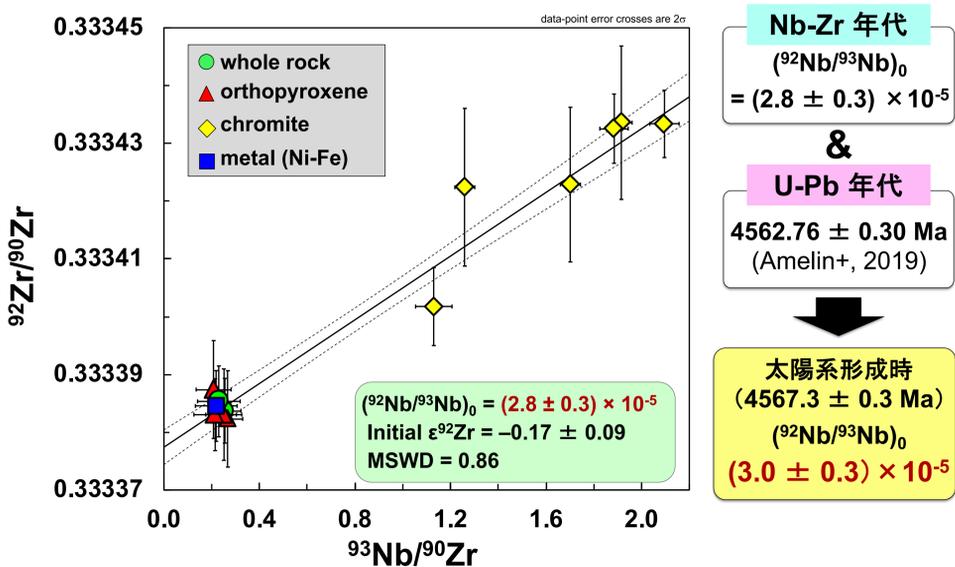


1. Type Ia supernova (e.g., Travaglio+ 2014)
2. Type II supernova (e.g., Meyer+ 2003; Hayakawa+ 2013)

## 結果

~ Internal isochron of NWA 6704 ~

本研究により、初期太陽系における <sup>92</sup>Nb 不均質が初めて明らかになった。



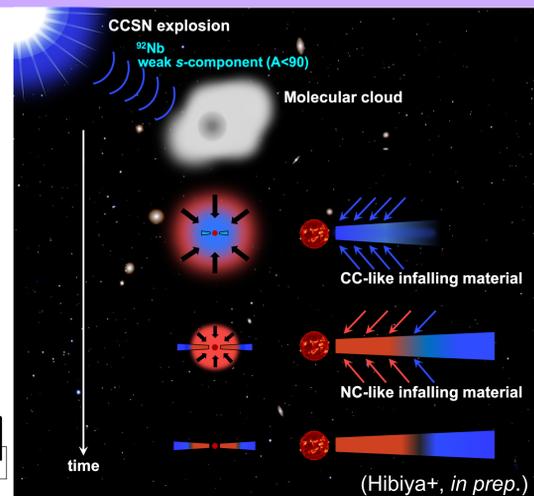
**Nb-Zr 年代**  
(<sup>92</sup>Nb/<sup>93</sup>Nb)<sub>0</sub> =  $(2.8 \pm 0.3) \times 10^{-5}$

**U-Pb 年代**  
 $4562.76 \pm 0.30$  Ma (Amelin+, 2019)

太陽系形成時 ( $4567.3 \pm 0.3$  Ma)  
(<sup>92</sup>Nb/<sup>93</sup>Nb)<sub>0</sub> =  $(3.0 \pm 0.3) \times 10^{-5}$

## 太陽系形成環境

1. 太陽系が誕生する直前に近傍で、大質量星のTypeII超新星爆発があった。
2. 爆発によって、<sup>92</sup>Nb や weak s-process 核種 (A<100) が流入し、外側太陽系に選択的に取り込まれた。
3. 集積物質は次第に変化し(Burkhardt+ GCA 2019), 後から降り注いだ分子雲由来の物質は外側には取り込まれなかった。  
= <sup>92</sup>Nb不均質の成立  
= 隕石における同位体二分性の成立



Pignatari+ (2010) のモデルを用いた計算により実証

(Hibiya+, in prep.)