



## 先端科学技術研究センター 地球環境化学分野

### 角野研究室 (同位体宇宙地球化学研究室)

#### —希ガス同位体を用いた地球・惑星化学—

・ 世界最先端の分析技術の追求

・ 太陽系・地球初期の揮発性元素の分布と挙動の解明

超高感度希ガス質量分析計



隕石



超高温高圧実験

ケイ酸塩

鉄

20  $\mu$ m

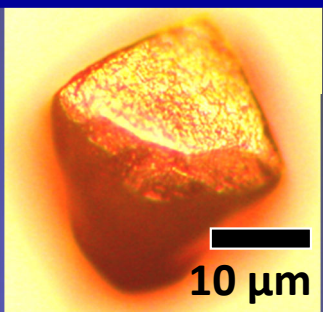


角野浩史 教授  
同位体地球化学・  
質量分析学

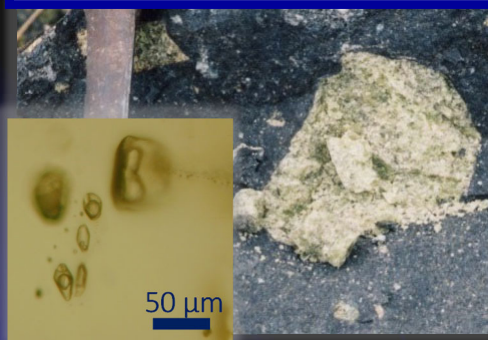
・ 地球表層・内部における物質循環の追跡

・ 火山モニタリング

ダイヤモンド



マントルかんらん岩



地下水



火山ガス



日比谷由紀 助教  
同位体宇宙  
地球化学



# メンバー

角野 浩史 (Hirochika Sumino) 教授

希ガス同位体を用いた地球宇宙化学、  
揮発性物質地球化学、質量分析学

日比谷 由紀 (Yuki Hibiya) 助教

希ガス同位体から探る太陽系物質進化

福島 菜奈絵 (Nanae Fukushima) 特任研究員

ヘリウム同位体を指標としたマグマ活動度  
評価技術の開発

川村 英彰 (Hideaki Kawamura) 特任研究員

顕微分光分析と希ガス同位体分析に基づく地球内部物質循環の研究

沼田 翔伍 (Shogo Numata) D3

火山ガスのヘリウム・炭素同位体比の現地測定による火山観測技術の高度化

米田 羅生 (Rai Yoneda) M2

火山岩斑晶の希ガス同位体分析から探る霧島火山のマグマ進化過程

佐南谷 光 (Hikari Sanatani) M2

顕微赤外分光と希ガス質量分析で探る天然ダイヤモンドの起源

山本 蒼邦 (Soho Yamamoto) M1

新井 孝彰 (Takaaki Arai) M1

丸山 咲也 (Sakuya Maruyama) M1

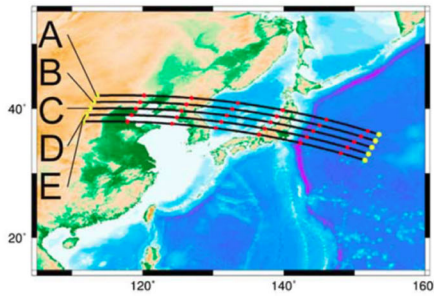
河原 柊一郎 (Shuichiro Kawahara) B4

大喜多 佳矢子 (Kayako Ohkita) 学術専門職員

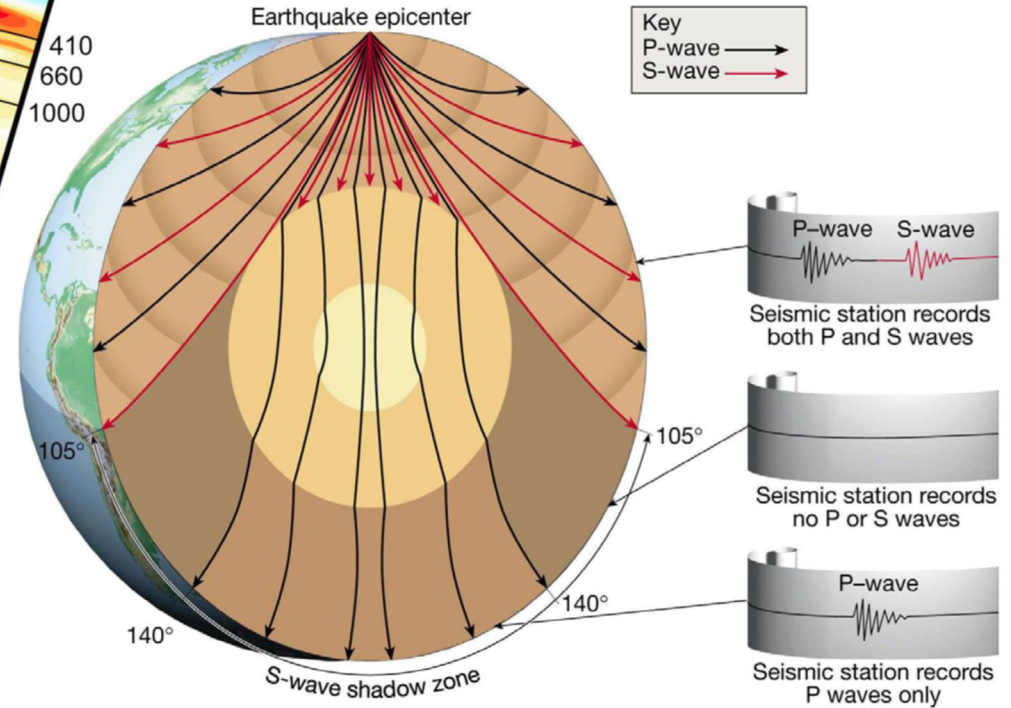
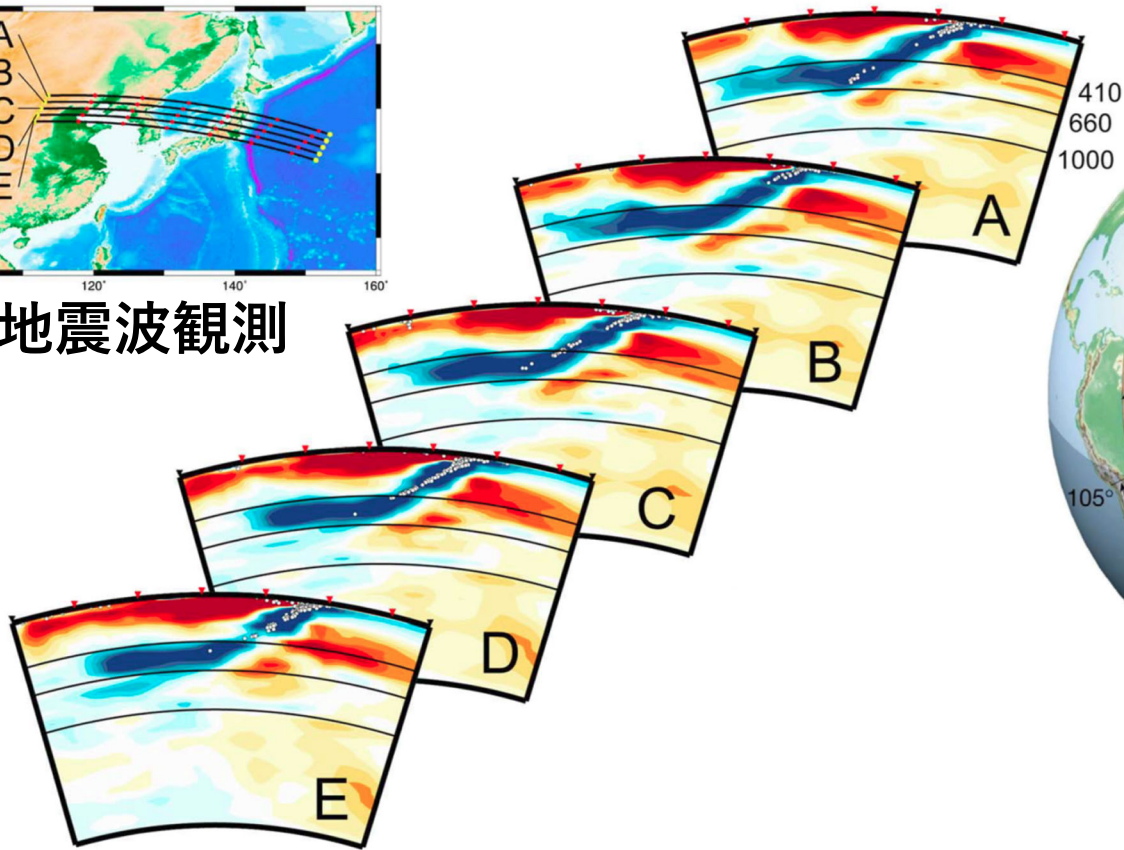




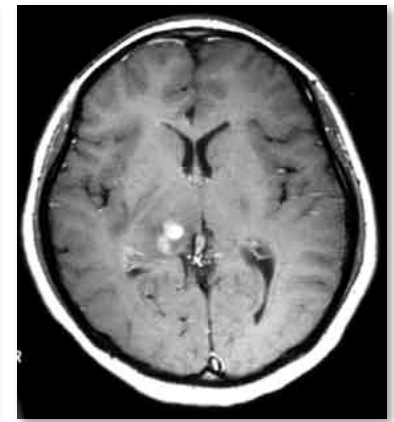
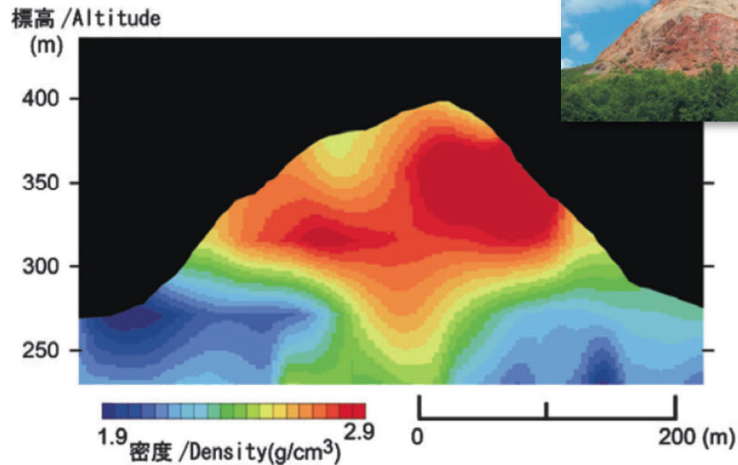
# 地球内部を見る：地球物理的観測



地震波観測



## 宇宙線（ミュオン）観測



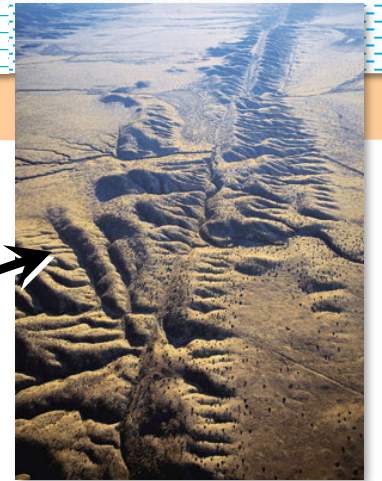
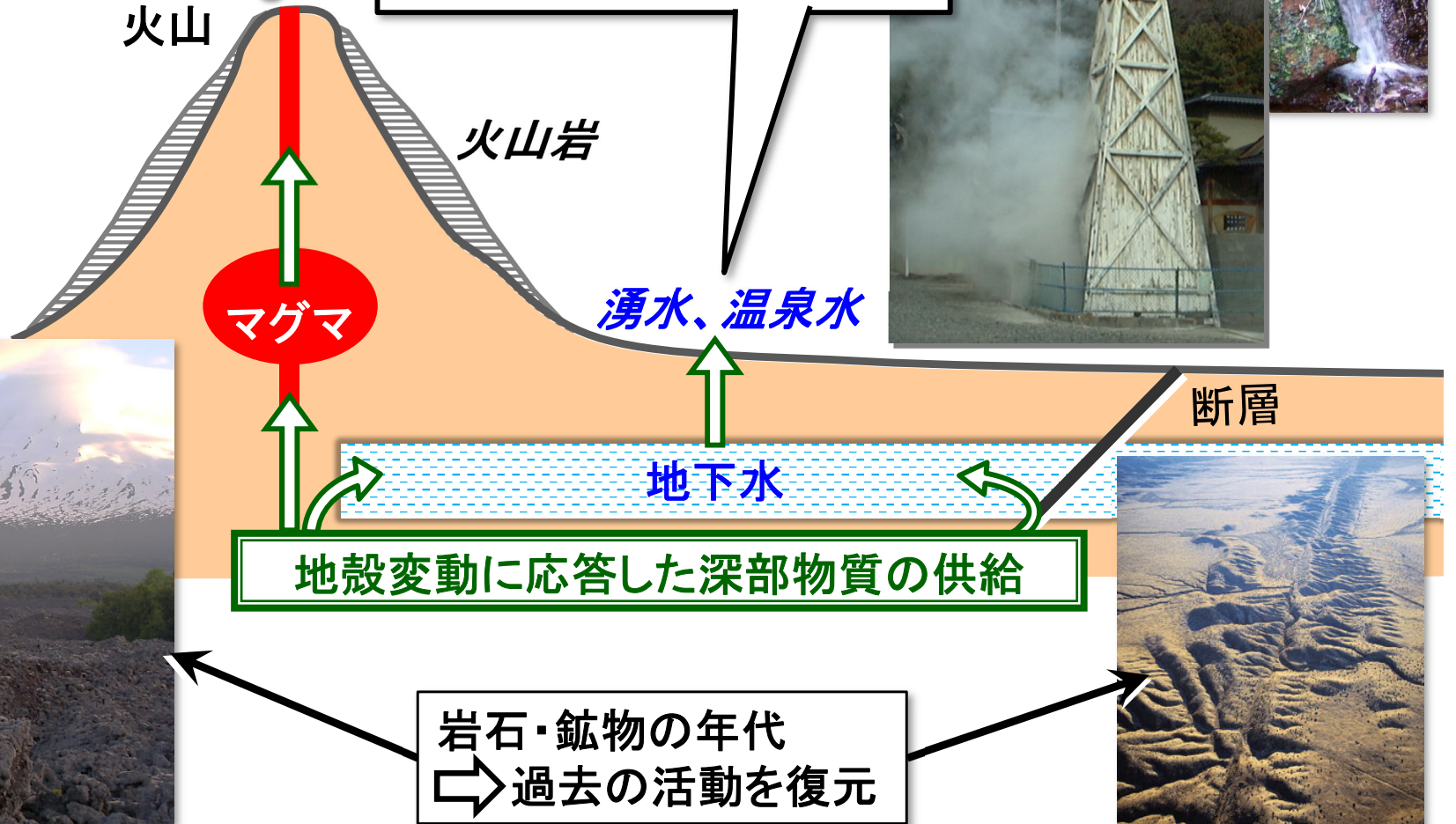
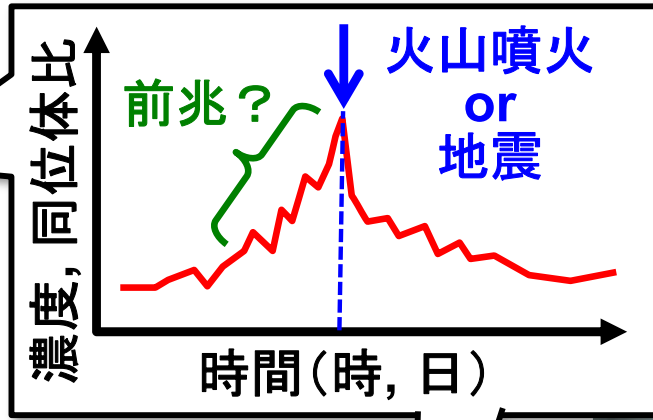
⇒ 何かが違うことは分かるが、それが何かは分からない！  
 今のことは分かるが、昔は？



# 地球の“息吹”を感じる：地球化学的分析



火山ガス





# 希ガス同位体の特徴

1 H																	2 He						
3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og						

- 化学的に不活性  
→ 過去の情報が保存されやすい。
- 存在度が小さい  
→ 他の元素の核反応や放射壊変によって同位体比が変動しやすい。  
U, Th → <sup>4</sup>He, <sup>40</sup>K → <sup>40</sup>Ar  
<sup>129</sup>I → <sup>129</sup>Xe
- 同位体比の組み合わせが多い。
- 専用の質量分析計を用いて、数千個レベルの原子の超高感度分析が可能。

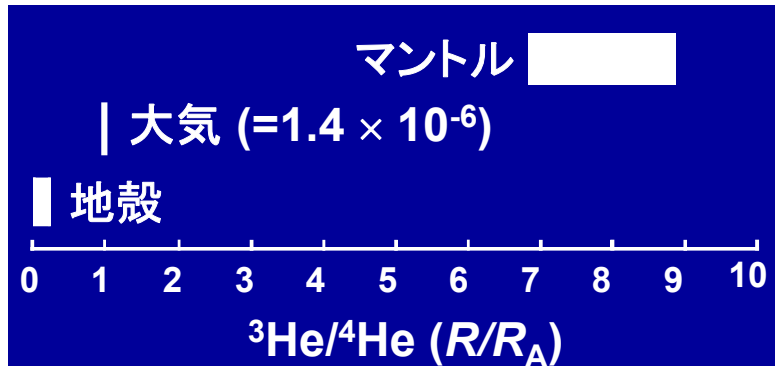
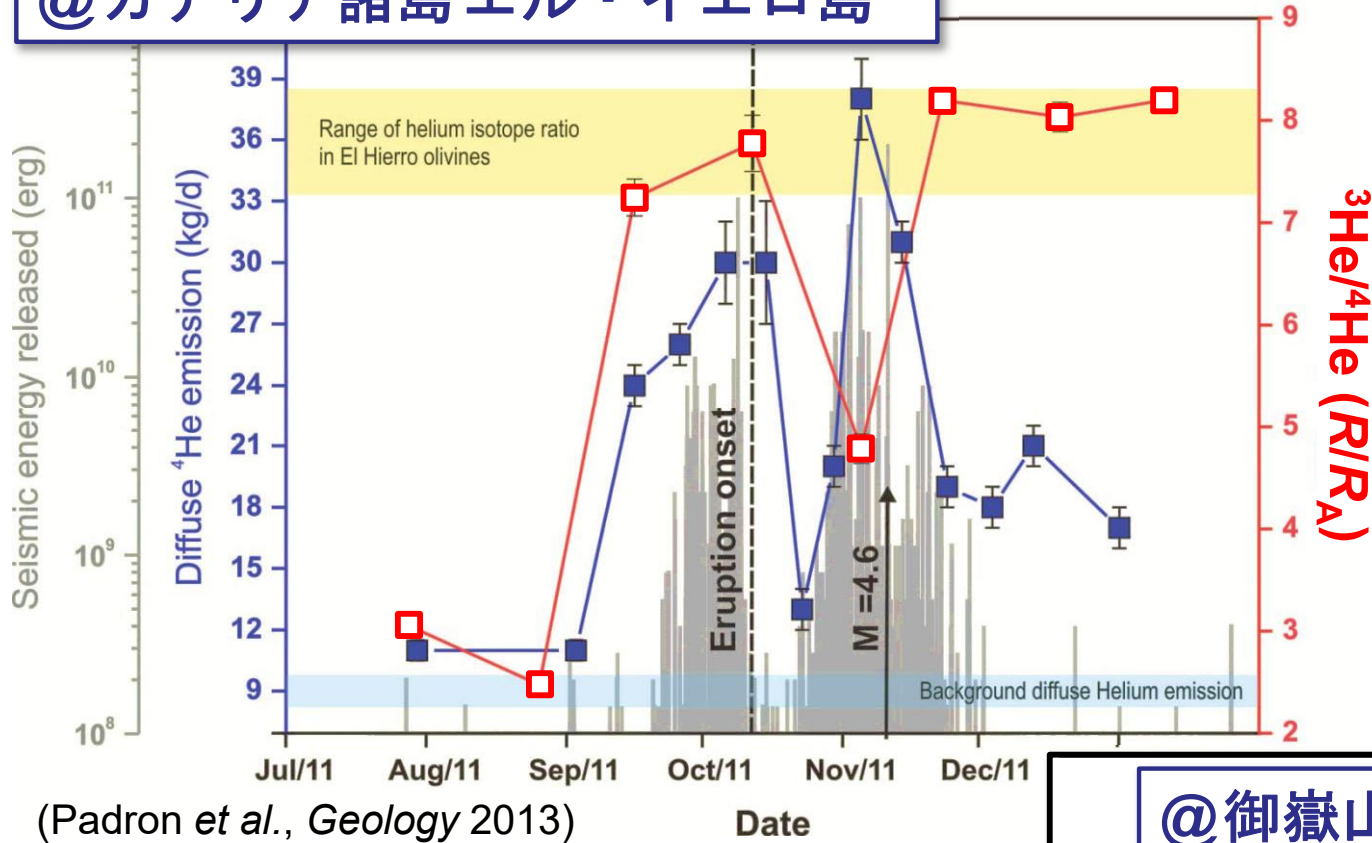
→ 宇宙・地球惑星科学の研究に幅広く用いられている。

元素	安定同位体
He	<sup>3</sup> He, <sup>4</sup> He
Ne	<sup>20</sup> Ne, <sup>21</sup> Ne, <sup>22</sup> Ne
Ar	<sup>36</sup> Ar, <sup>38</sup> Ar, <sup>40</sup> Ar
Kr	<sup>78</sup> Kr, <sup>80</sup> Kr, <sup>82</sup> Kr, <sup>83</sup> Kr, <sup>84</sup> Kr, <sup>86</sup> Kr
Xe	<sup>124</sup> Xe, <sup>126</sup> Xe, <sup>128</sup> Xe, <sup>129</sup> Xe, <sup>130</sup> Xe, <sup>131</sup> Xe, <sup>132</sup> Xe, <sup>134</sup> Xe, <sup>136</sup> Xe

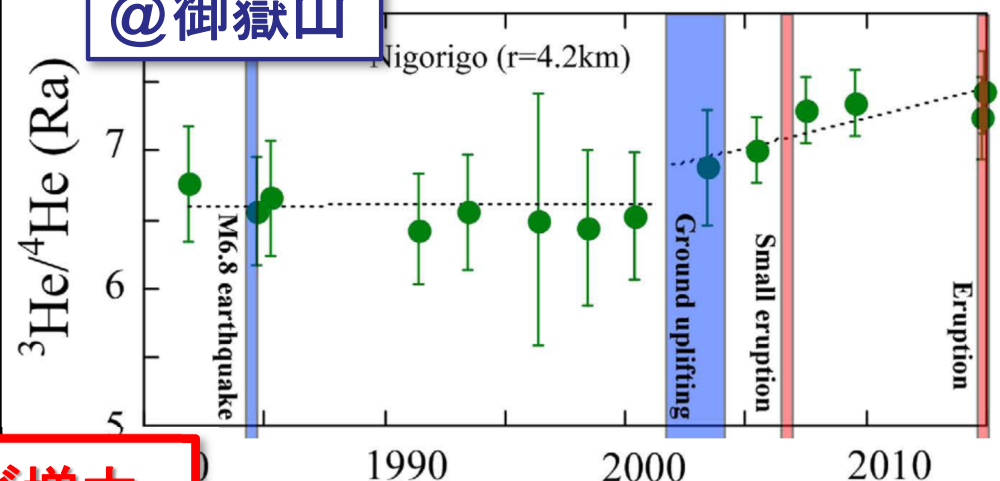


# 火山噴火とヘリウム同位体比の変動

@カナリア諸島エル・イエロ島



@御嶽山



噴火前にマグマ起源ヘリウムの寄与が増大

(Sano et al., *Sci. Rep.* 2015)

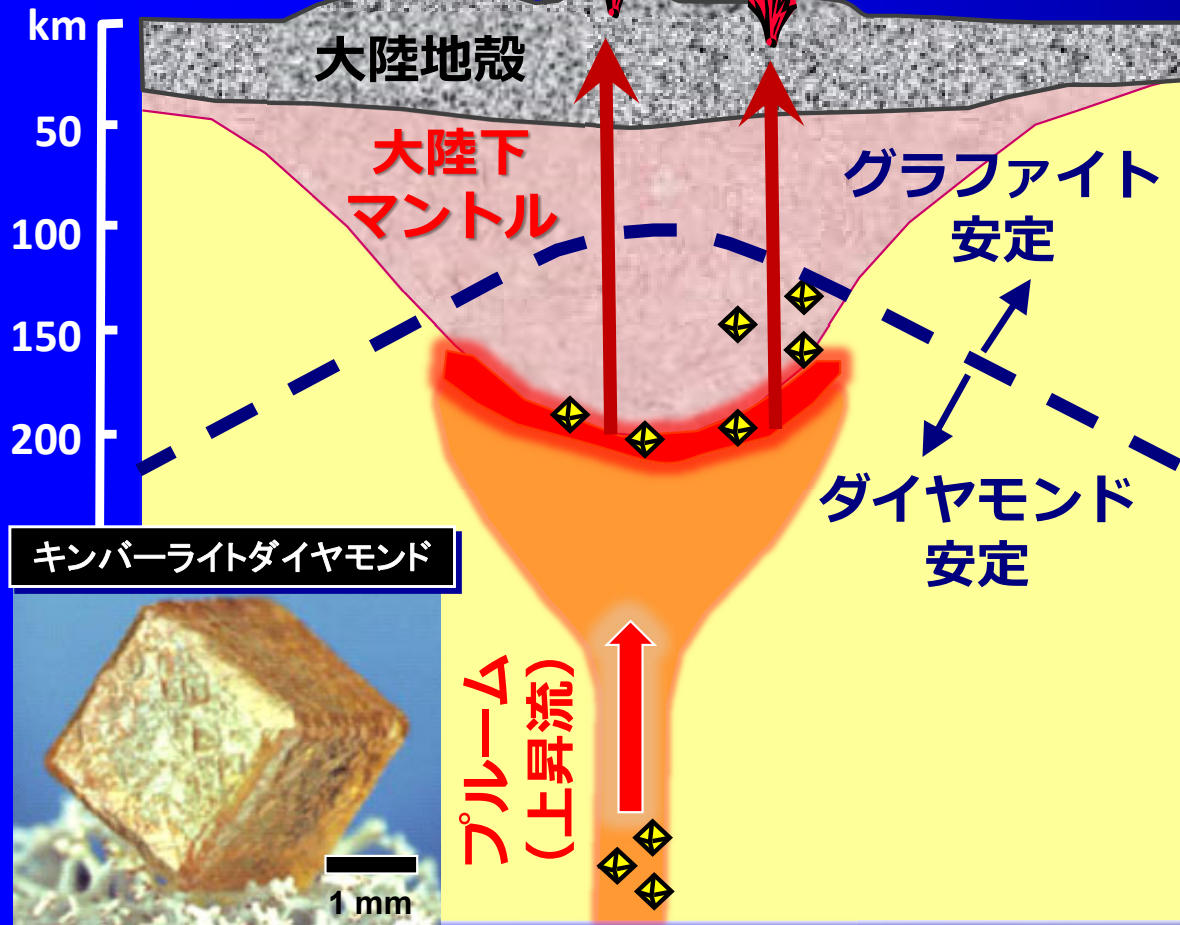


# ダイヤモンドはどこで形成？

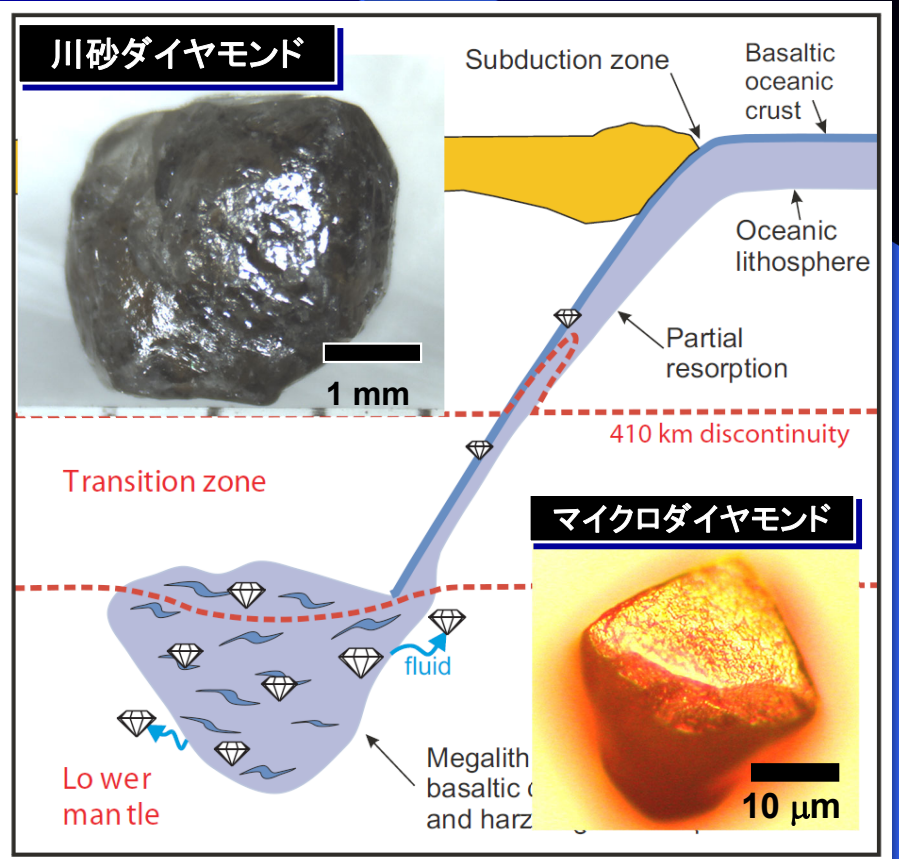
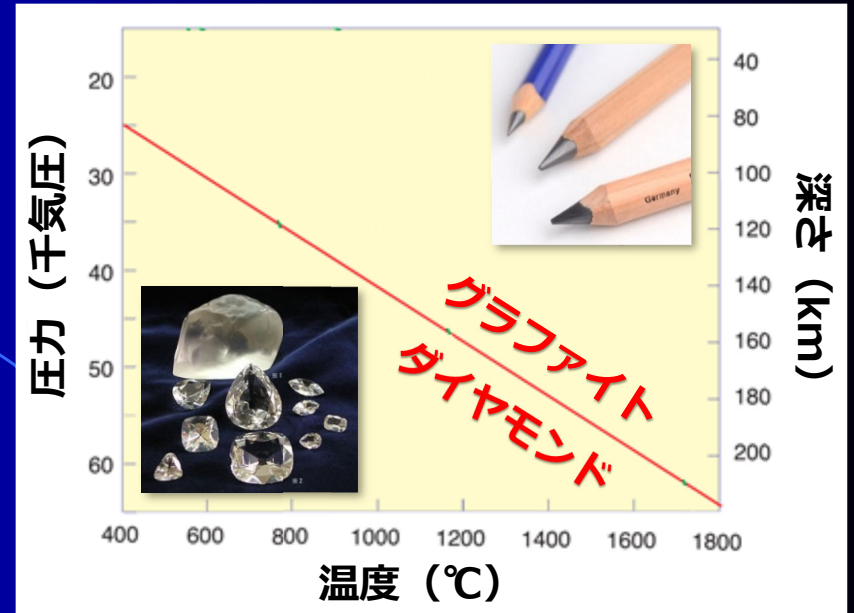
深部とは分かるが、  
その環境は？



キンバーライト



(modified after Haggerty, *EPSL* 1994)

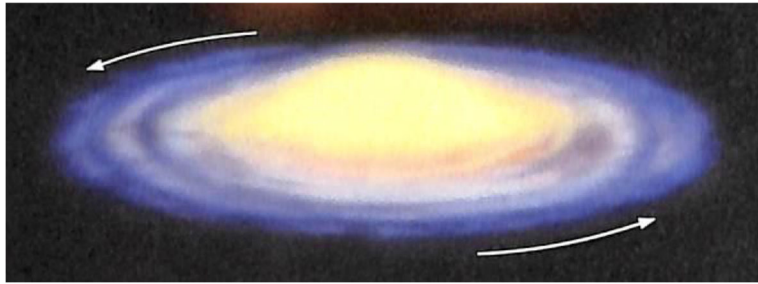


(Stachel et al., *Elements* 2005)

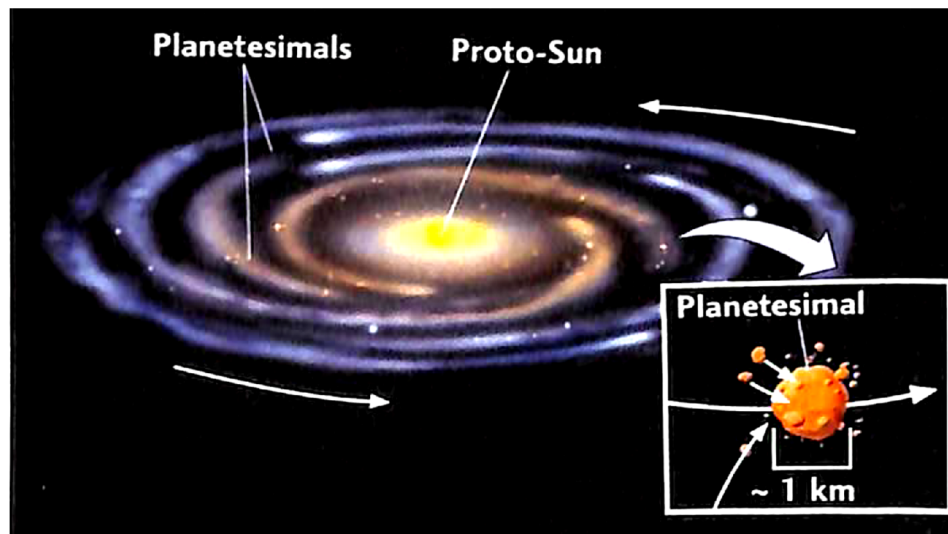


# 太陽系の成り立ち

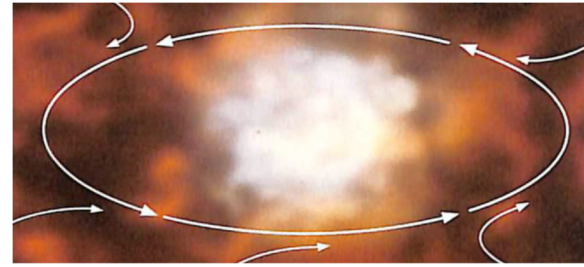
2. ガスと塵(原始太陽系星雲)が円盤状に回転し、中心には物質が集まり原始太陽ができる。



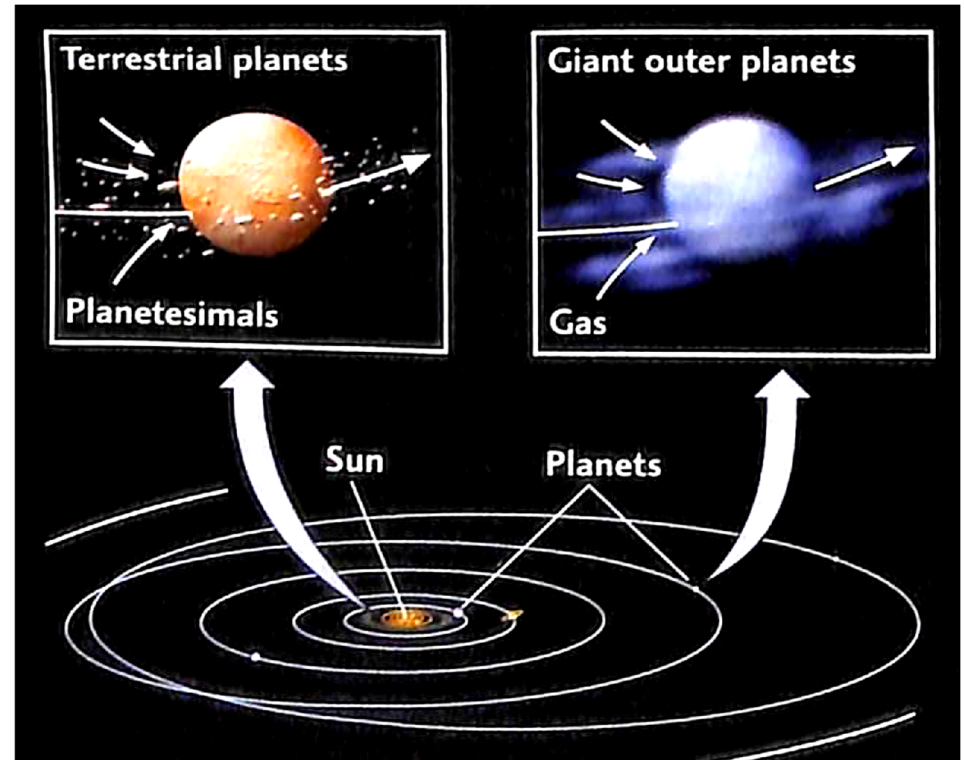
3. 円盤部分のガスと塵がさらに集まり、kmサイズの微惑星(planetesimal)ができる。



1. 星雲ガスと塵が重力で集まり始める。



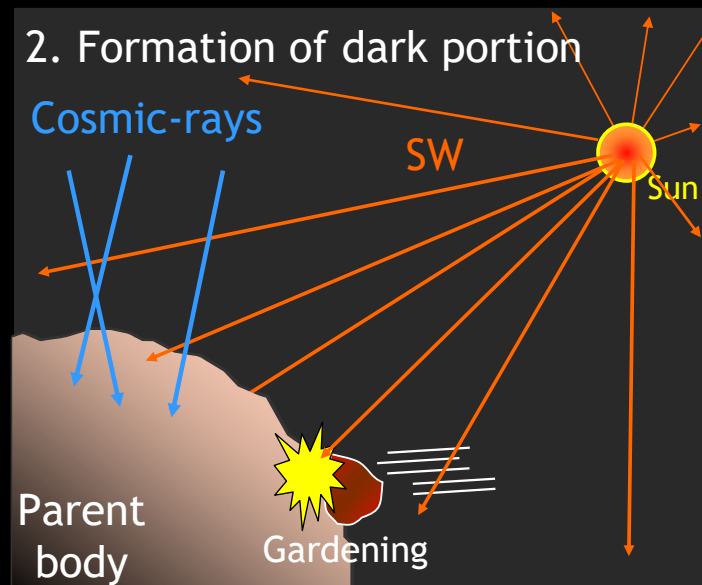
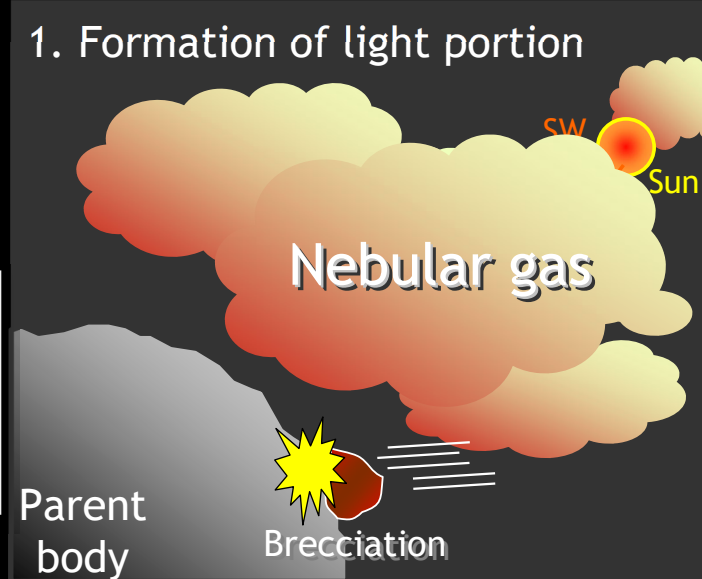
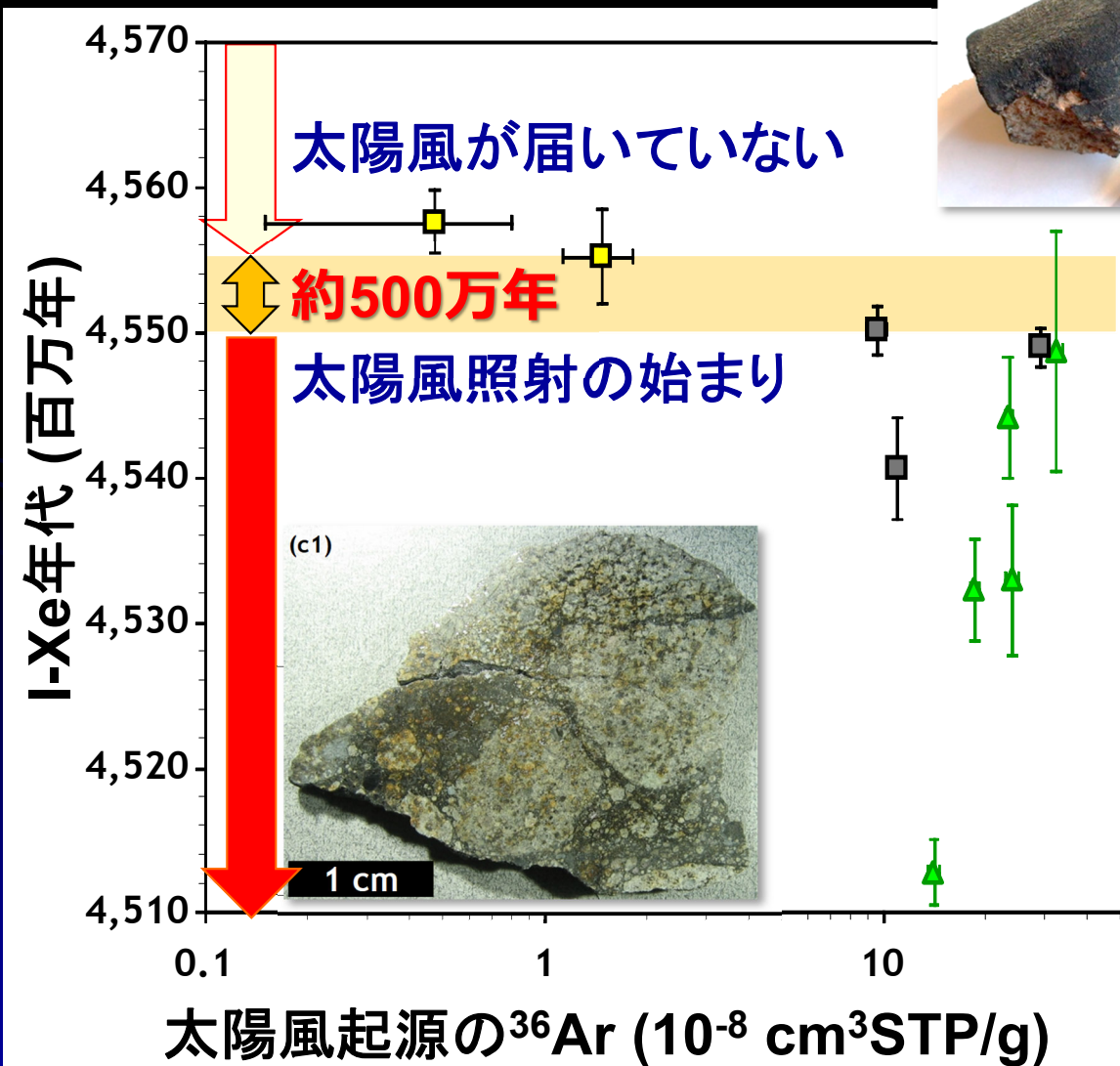
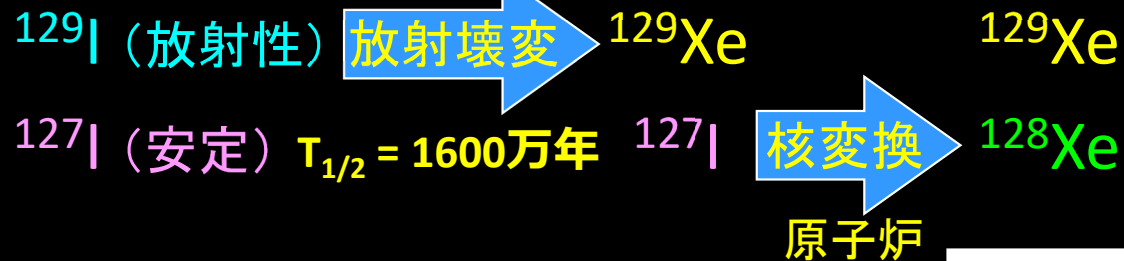
4. 微惑星が衝突合体を繰り返して成長し、星雲ガスを捕まえた大きい木星型惑星、ガスが少なく小さい地球型惑星ができる。



星雲ガスがなくなったのはいつ?

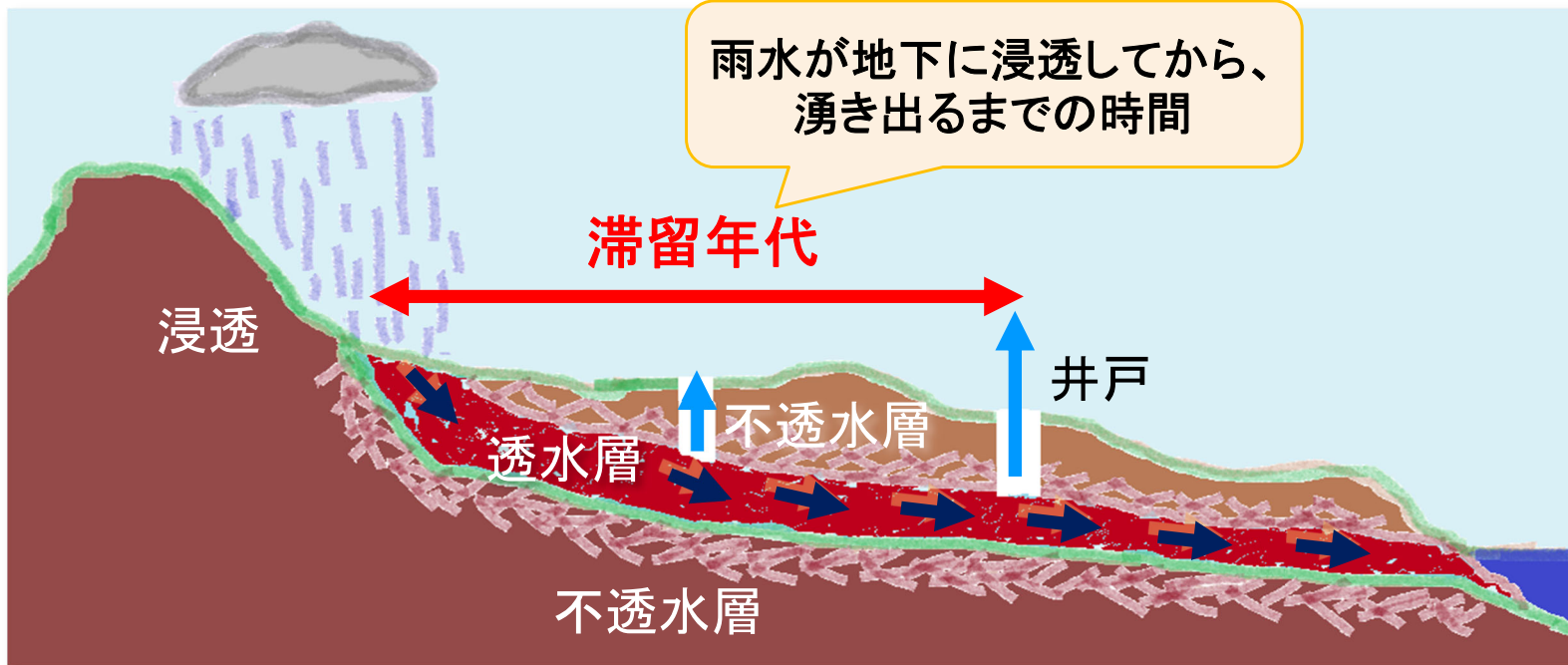


# I-Xe年代から制約する太陽系の晴れ上がり

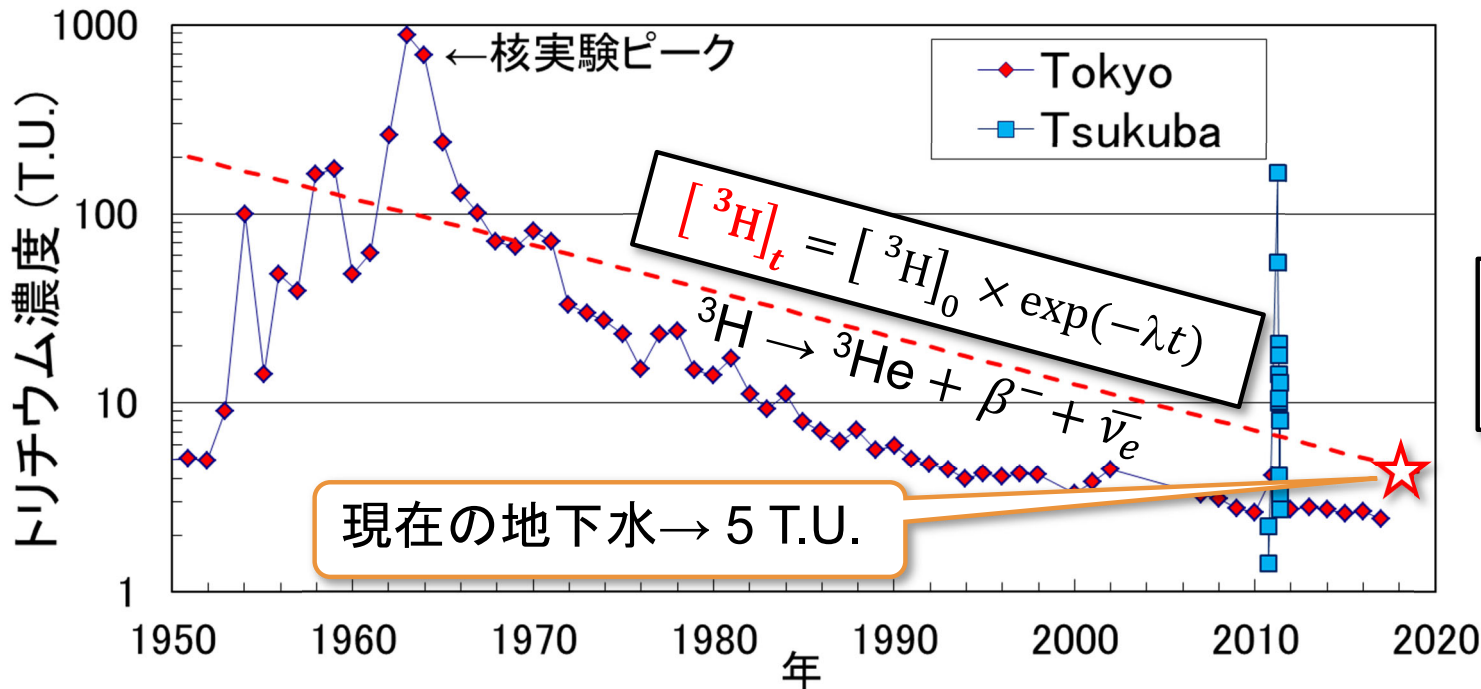


Bajo (Ph.D. thesis, 2011)

# 地下水のトリチウム-<sup>3</sup>He年代



- 地下水がどのように流動しているかを知ることは地下水利用において重要
- **滞留年代**は地下水流動系を把握する上で必要不可欠



## トリチウム-<sup>3</sup>He年代

- ・年代が精確に求まる。
- ・トリチウムの起源が分かる。

$$t = \frac{1}{\lambda} \times \ln \left( 1 + \frac{[^3\text{He}]_T}{[^3\text{H}]_t} \right)$$

## トリチウム年代

- ・年代値の候補が複数。
- ・人為的なトリチウム混入に弱い。

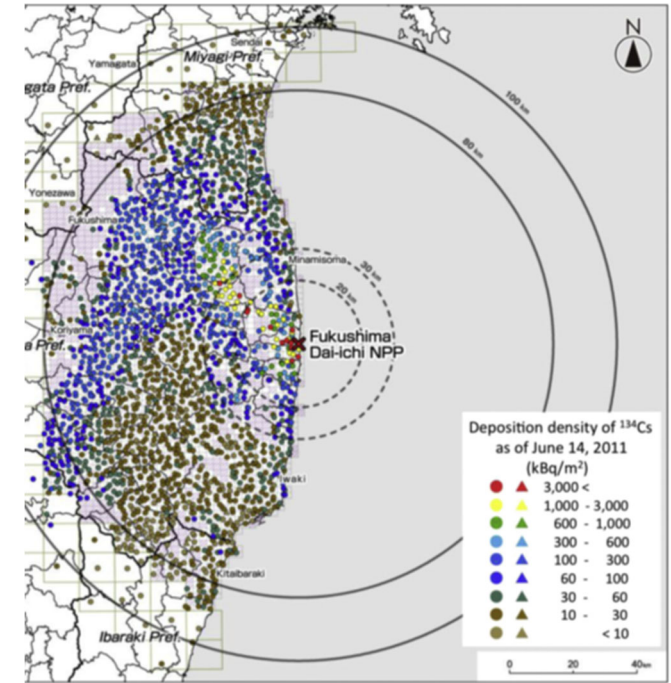


# 福島第一原発事故

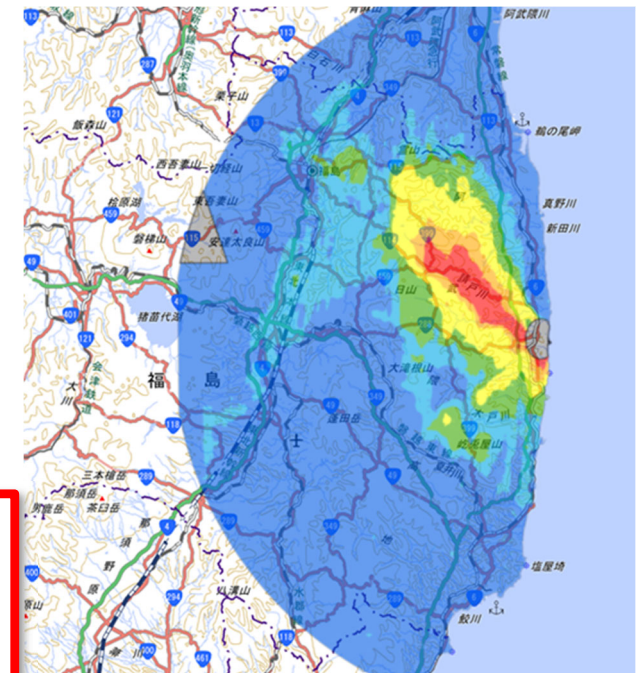
- 2011年3月11日、東日本大震災に伴う津波により発生。
- 大量の放射性物質が大気中に放出され、現在もなお多くの被害が残る。
- 飛散した放射性核種：  
 $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  
 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ , etc.



## 土壌中の $^{134}\text{Cs}$



## 放射性物質の拡散状況



- 地下水の涵養地・滞留年代は？
- 原発事故の際に降った雨はいつ地表に出てくる？