



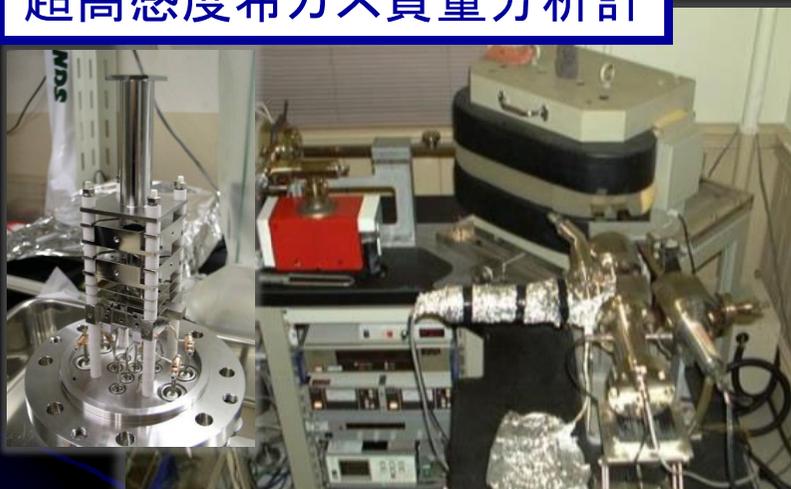
先端科学技術研究センター 地球環境化学分野

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



角野浩史 教授
同位体地球化学・
質量分析学

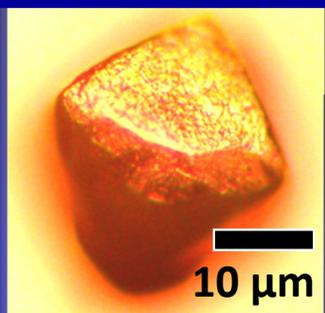


日比谷由紀 准教授
(理学系・地球惑星)
同位体宇宙
地球化学

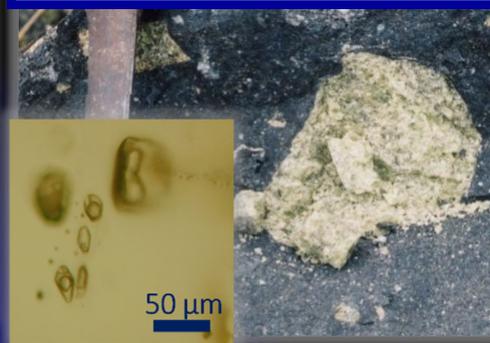
- 地球表層・内部における物質循環の追跡

- 火山モニタリング

ダイヤモンド



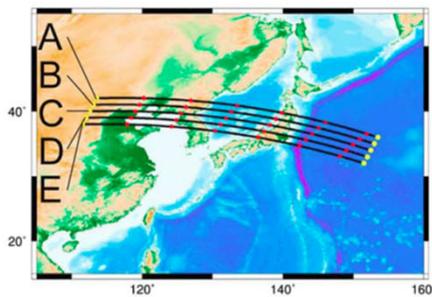
マントルかんらん岩



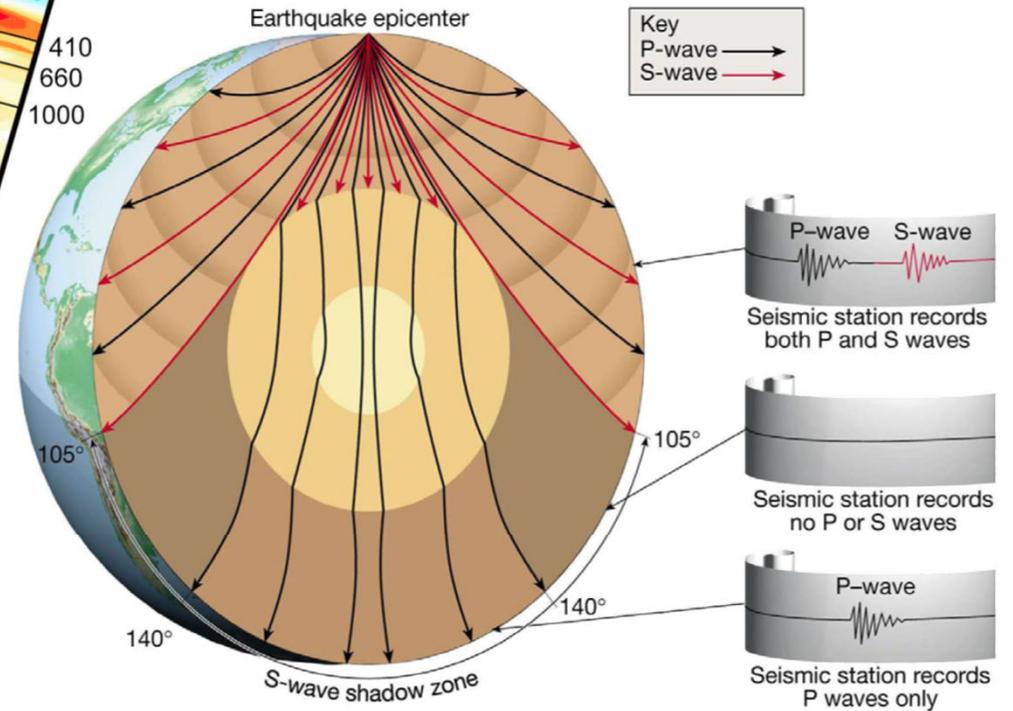
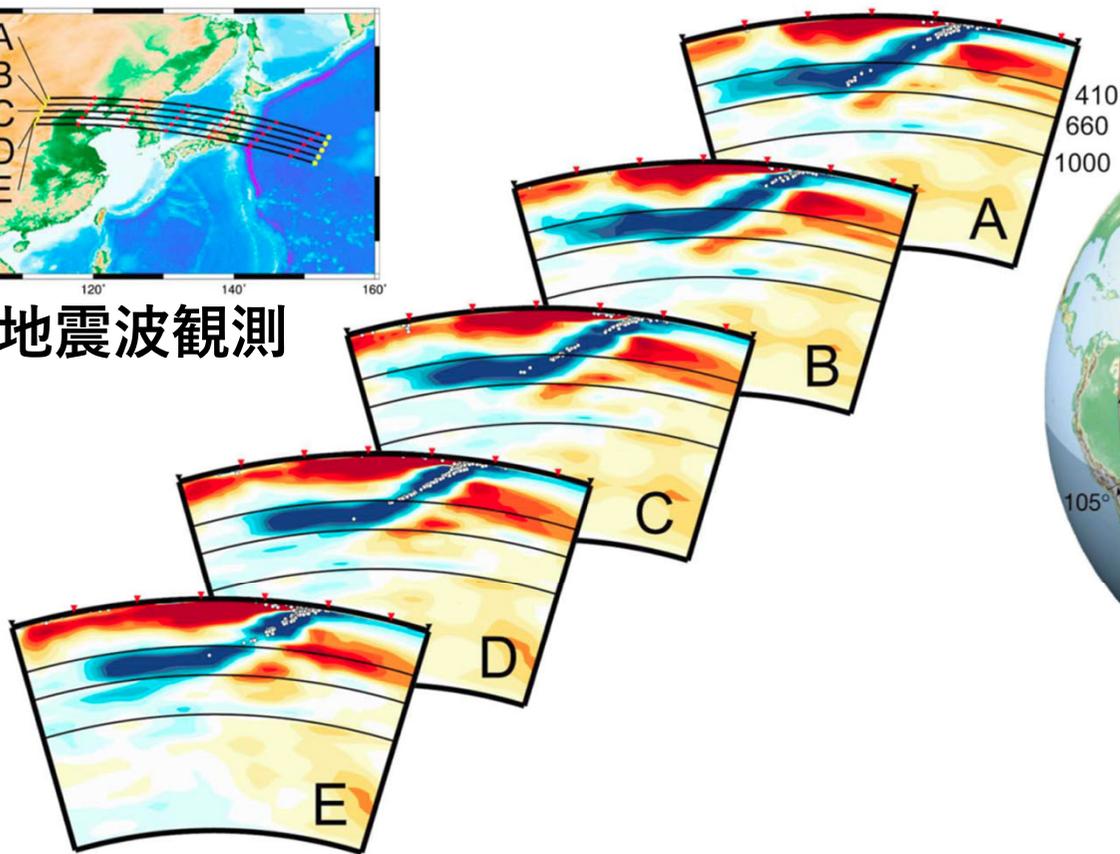
火山ガス



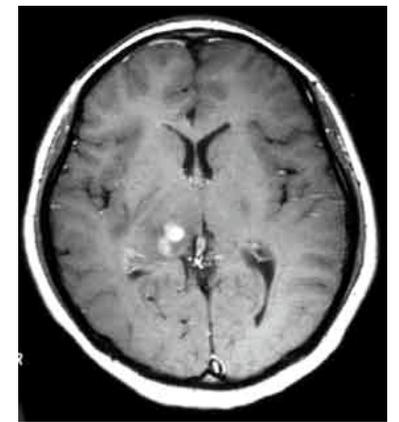
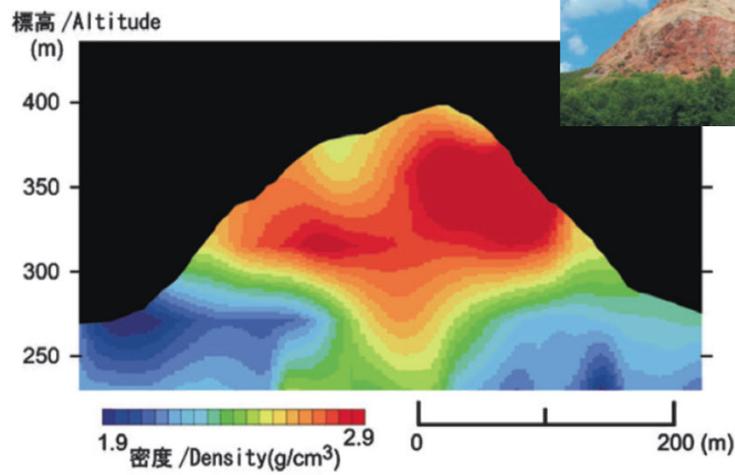
地球内部を見る：地球物理的観測



地震波観測

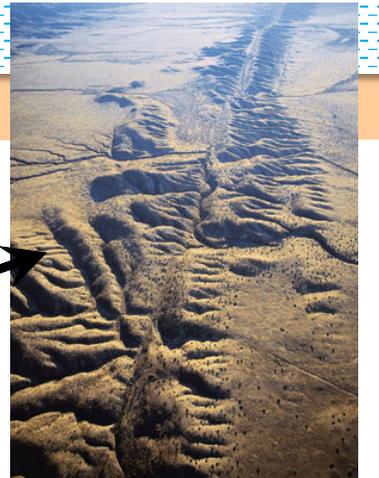
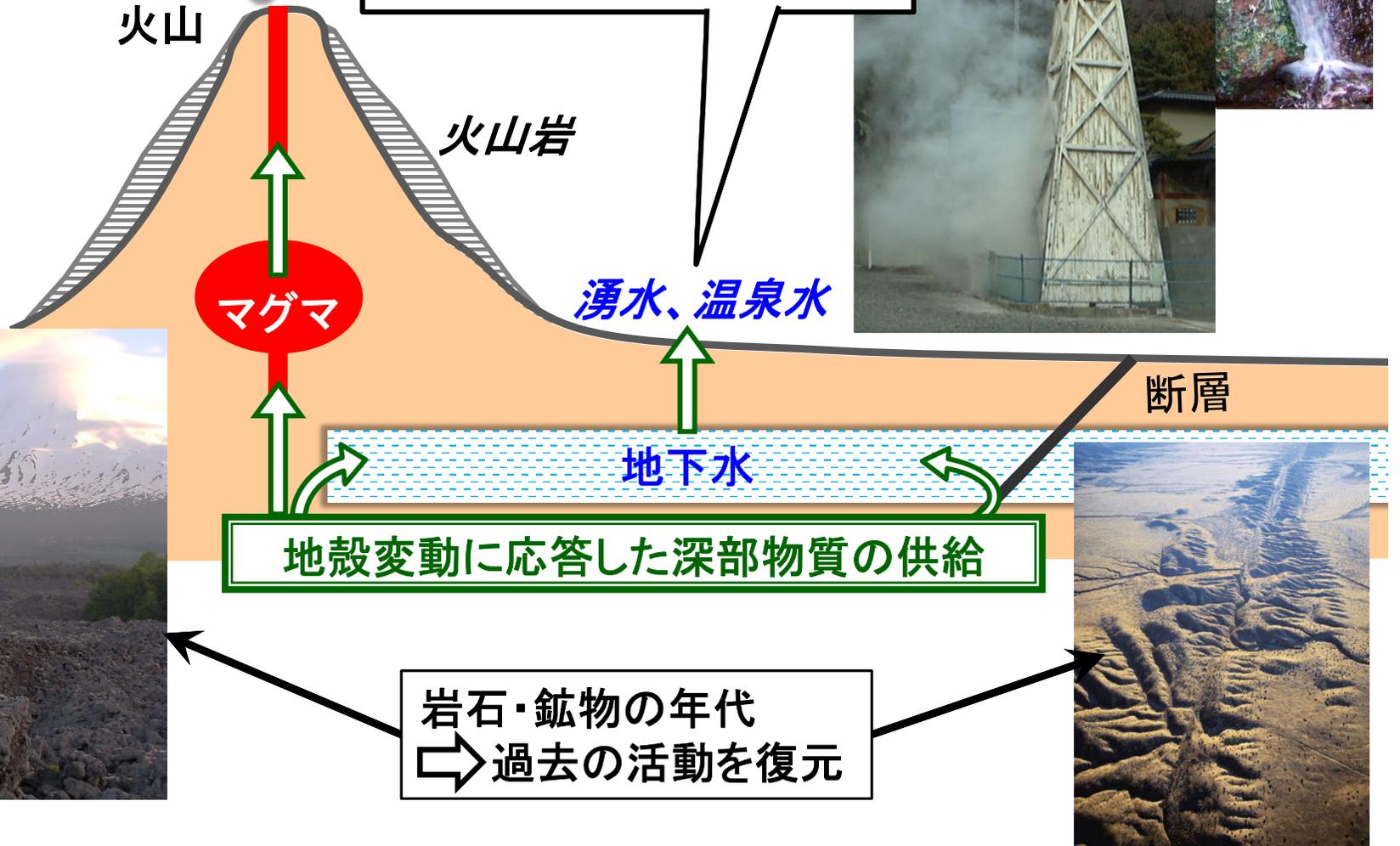
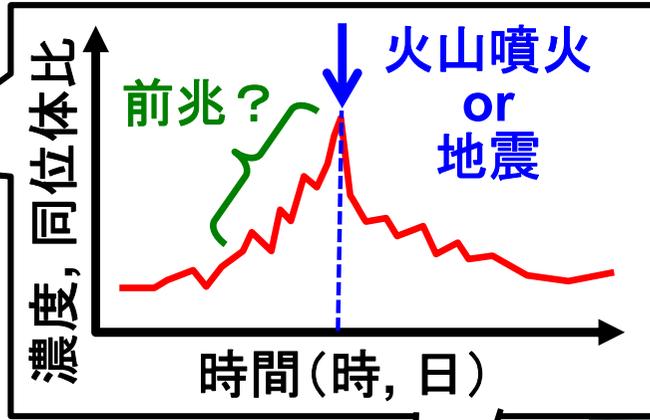


宇宙線（ミュオン）観測



⇒ 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

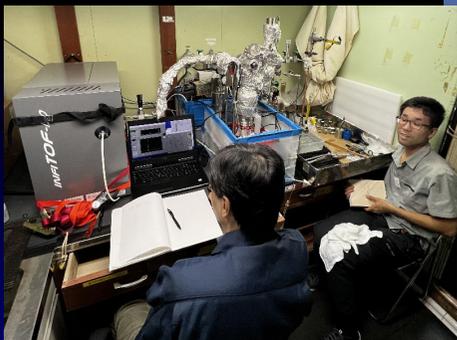


当研究室の“売り”

- 自分の研究が、そのまま世界最先端
 - 世界でも限られた数の研究室しか出せないデータ
 - すぐ世界で勝負できる（国内に留まっていたでは進められない）
- 先端研ならではの研究環境
 - 充実した分析装置群
 - 希ガス同位体（隕石・鉱物・水・ガス）
 - ハロゲン（隕石・鉱物・水・ガス）
 - 水素・酸素同位体（地下水・河川水）
 - 炭素同位体（ダイヤモンド・鉱物・ガス・植物）
 - ガスの化学組成（火山ガス、天然ガス）
 - 水の溶存イオン組成（地下水・河川水）
 - 窒素同位体、硫黄同位体？（要開発）
 - 自分で装置の開発もできる
 - フィールドでのリアルタイム分析装置
 - 超高感度質量分析計
 - 構成員の居住・研究スペースが広い
 - 自分の研究のためにさらにスペースの拡張も可能
- いろいろなところに行ける（フィールドワーク）

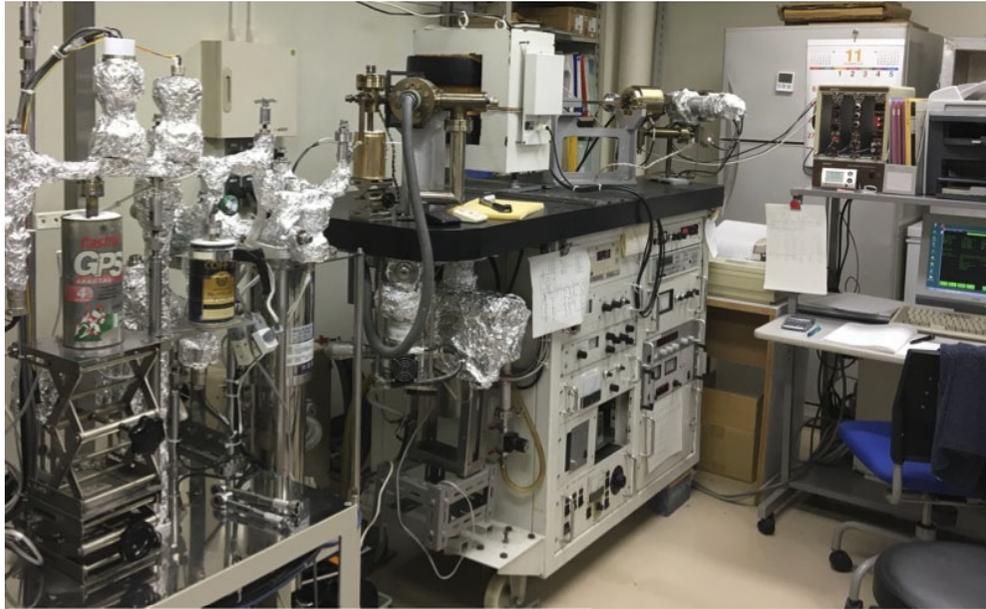


フィールドワーク



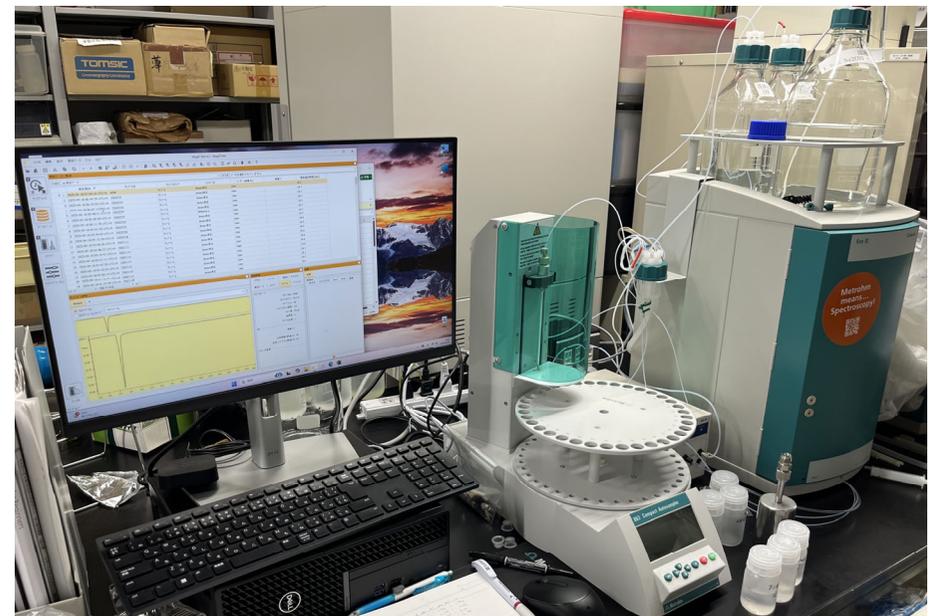
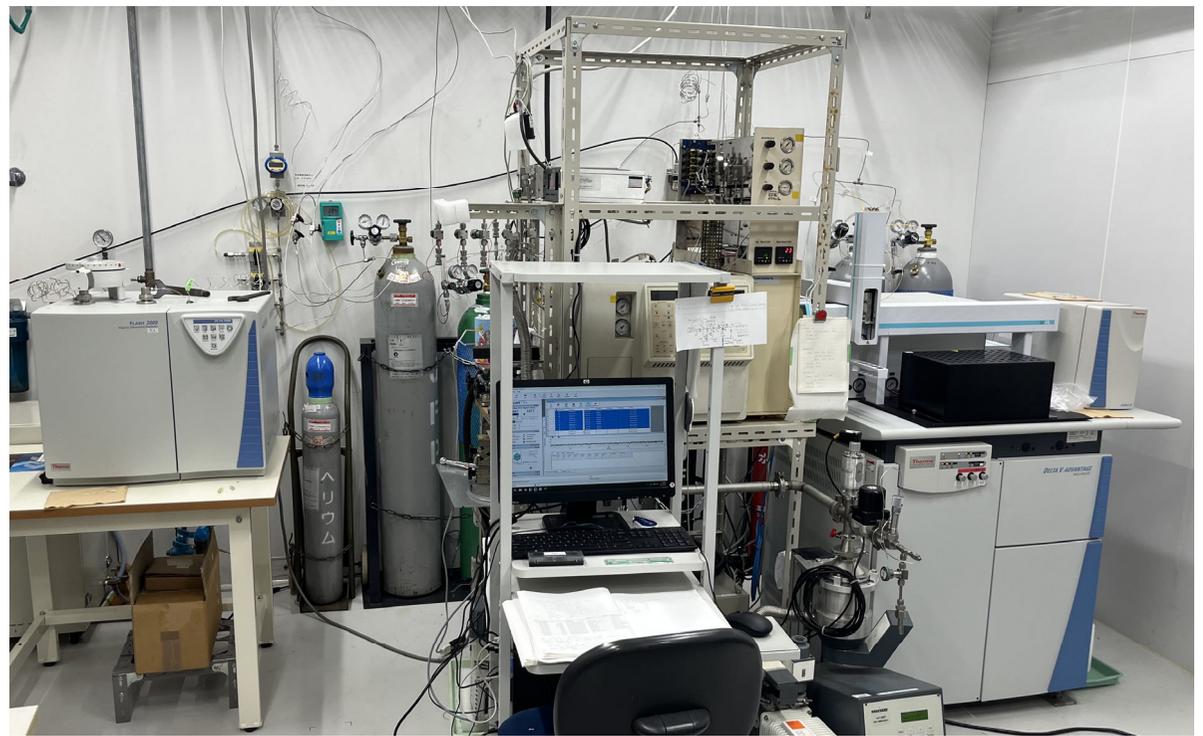
分析装置 (希ガス)

- 希ガス用磁場型質量分析計 6基
(常時稼働) 3基
- 飛行時間型質量分析計
- 四重極質量分析計 4基



分析装置 (希ガス以外)

- 安定同位体比質量分析計
- 同位体比赤外分光計
- 赤外顕微鏡
- イオンクロマトグラフ
- ガスクロマトグラフ(今夏導入予定)



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						

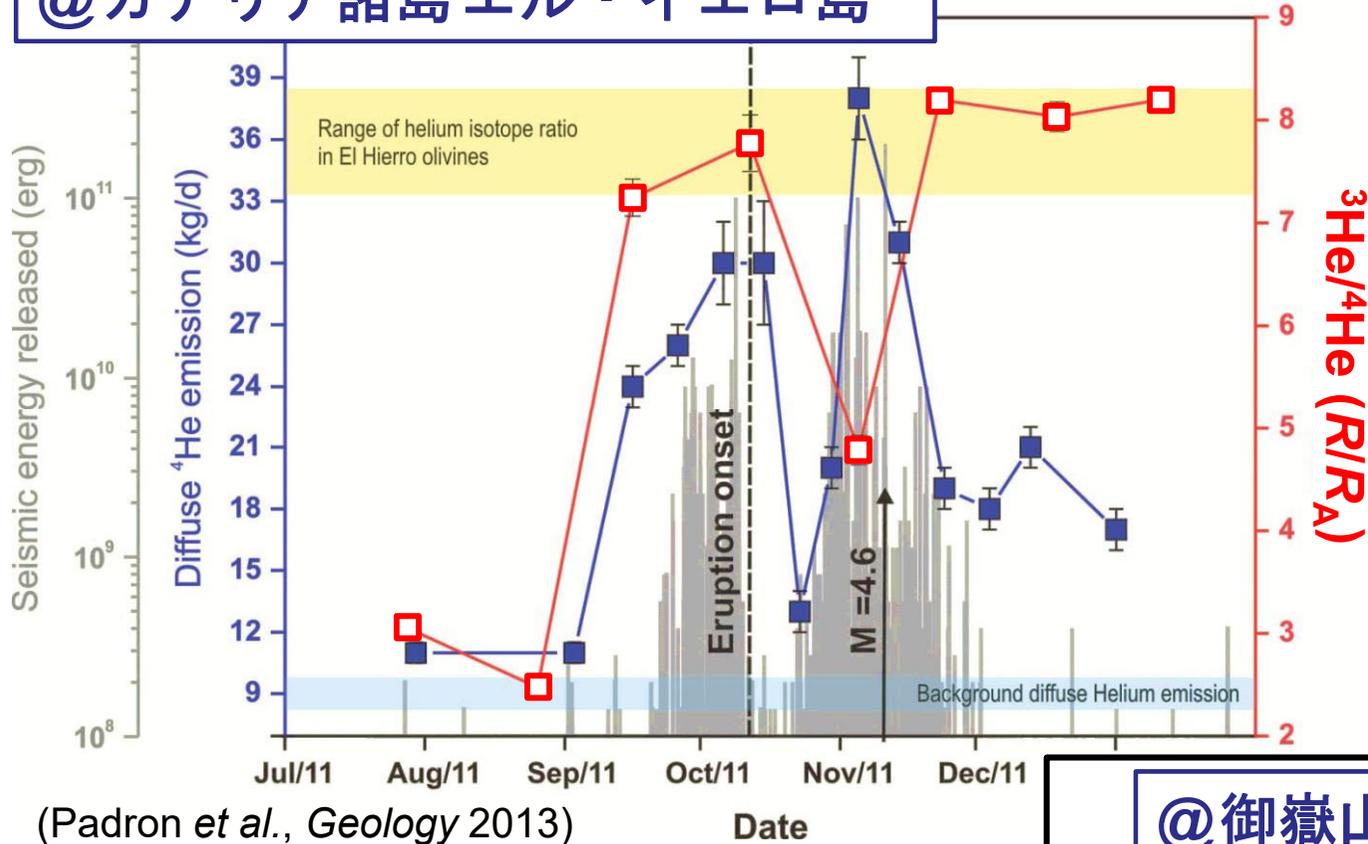
- 化学的に不活性
→ 過去の情報が保存されやすい。
- 存在度が小さい
→ 他の元素の核反応や放射壊変によって同位体比が変動しやすい。
U, Th → ⁴He, ⁴⁰K → ⁴⁰Ar
¹²⁹I → ¹²⁹Xe
- 同位体比の組み合わせが多い。
- 専用の質量分析計を用いて、数千個レベルの原子の超高感度分析が可能。

→ 宇宙・地球惑星科学の研究に幅広く用いられている。

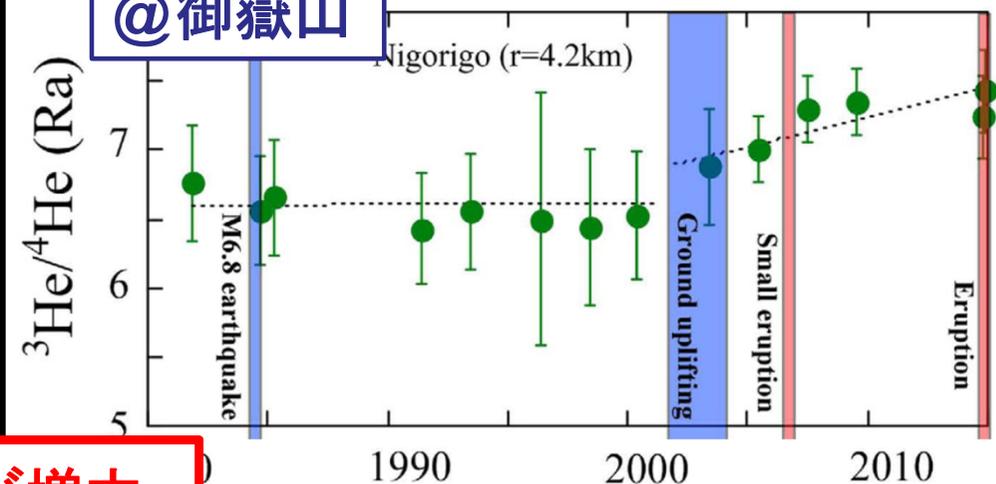
元素	安定同位体
He	³ He, ⁴ He
Ne	²⁰ Ne, ²¹ Ne, ²² Ne
Ar	³⁶ Ar, ³⁸ Ar, ⁴⁰ Ar
Kr	⁷⁸ Kr, ⁸⁰ Kr, ⁸² Kr, ⁸³ Kr, ⁸⁴ Kr, ⁸⁶ Kr
Xe	¹²⁴ Xe, ¹²⁶ Xe, ¹²⁸ Xe, ¹²⁹ Xe, ¹³⁰ Xe, ¹³¹ Xe, ¹³² Xe, ¹³⁴ Xe, ¹³⁶ Xe

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

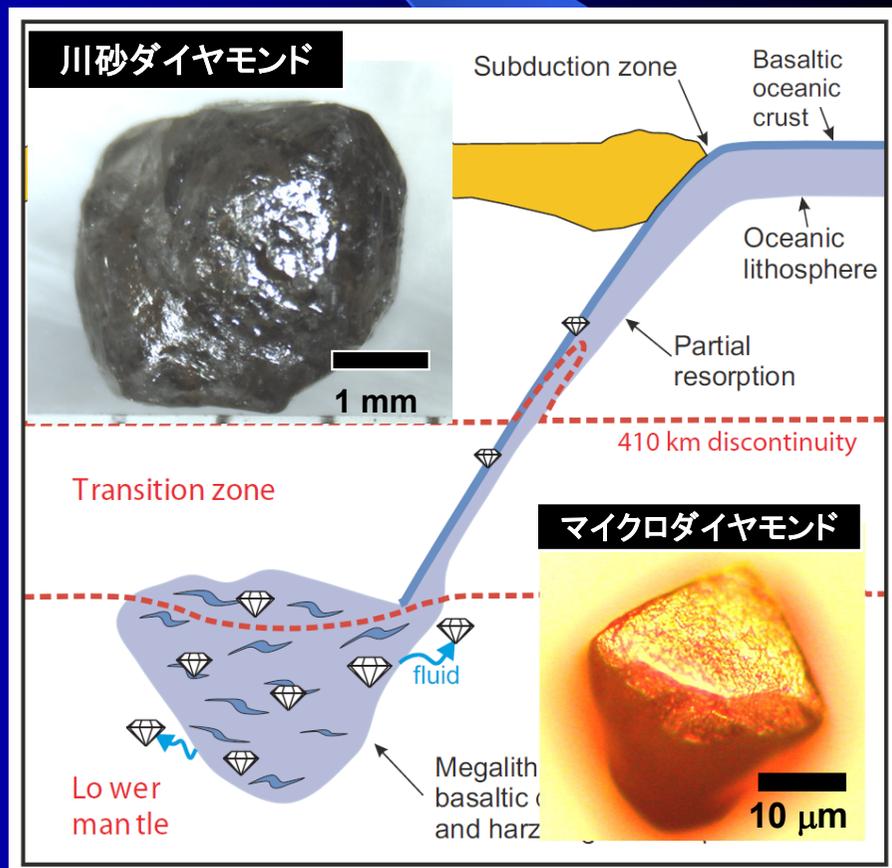
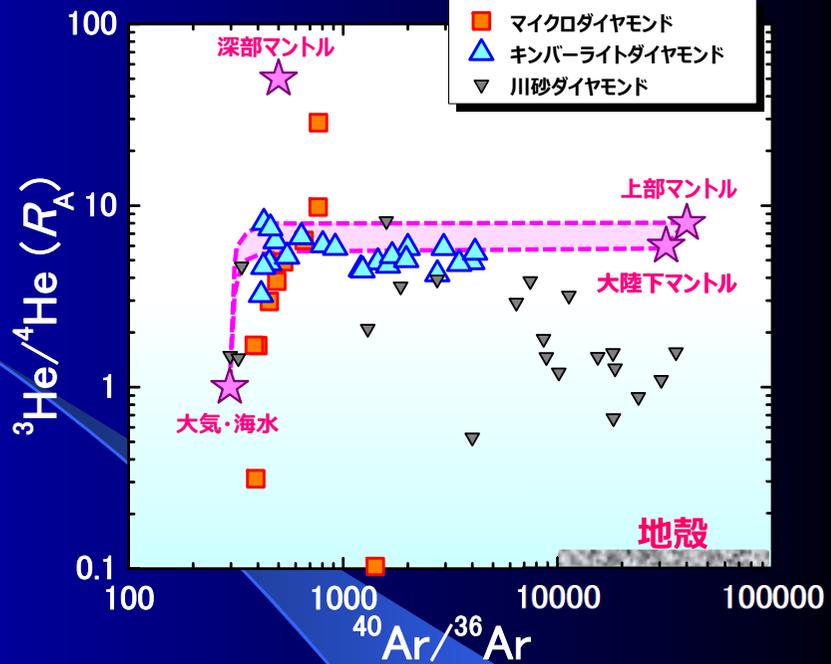
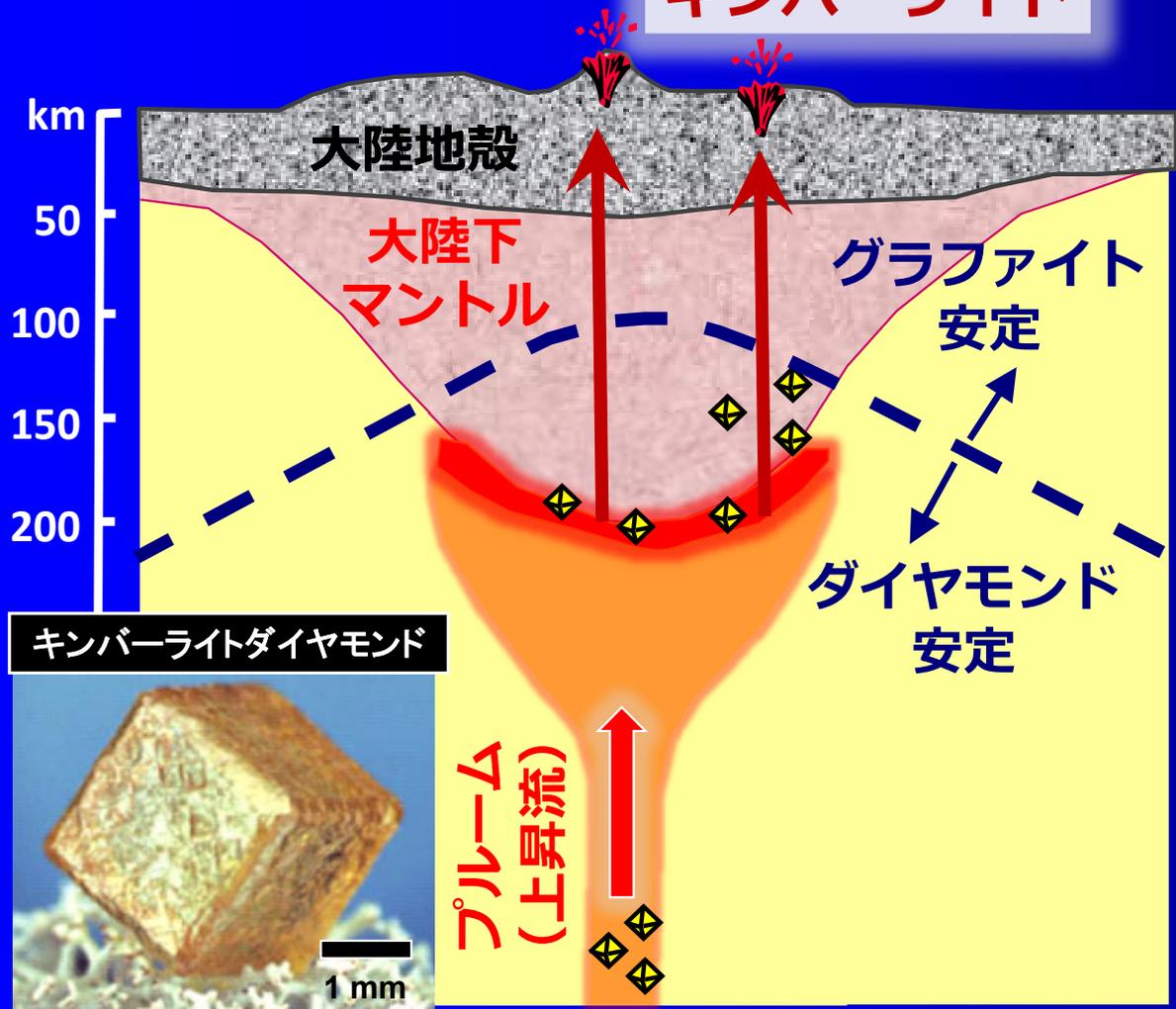
(Sano et al., *Sci. Rep.* 2015)

ダイヤモンドはどこで形成？

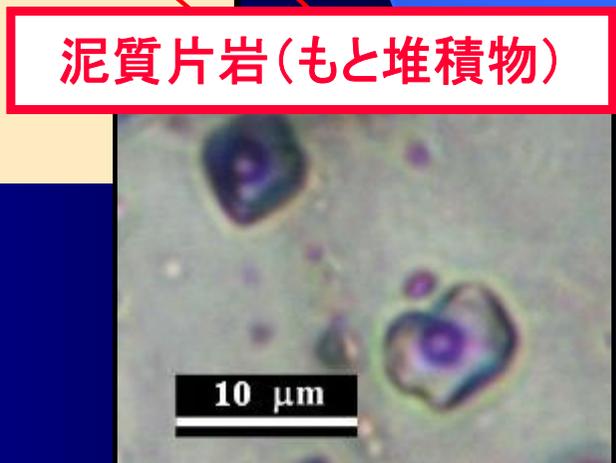
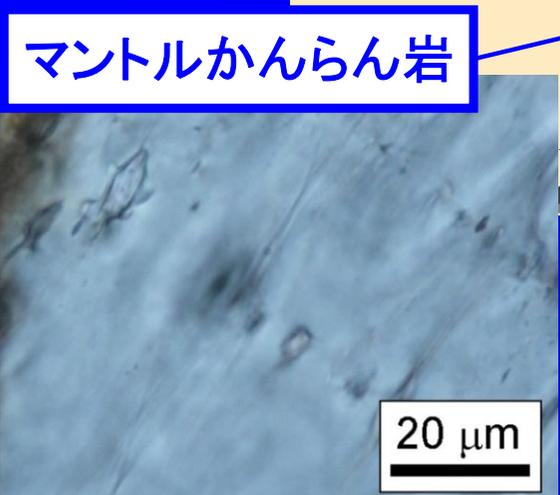
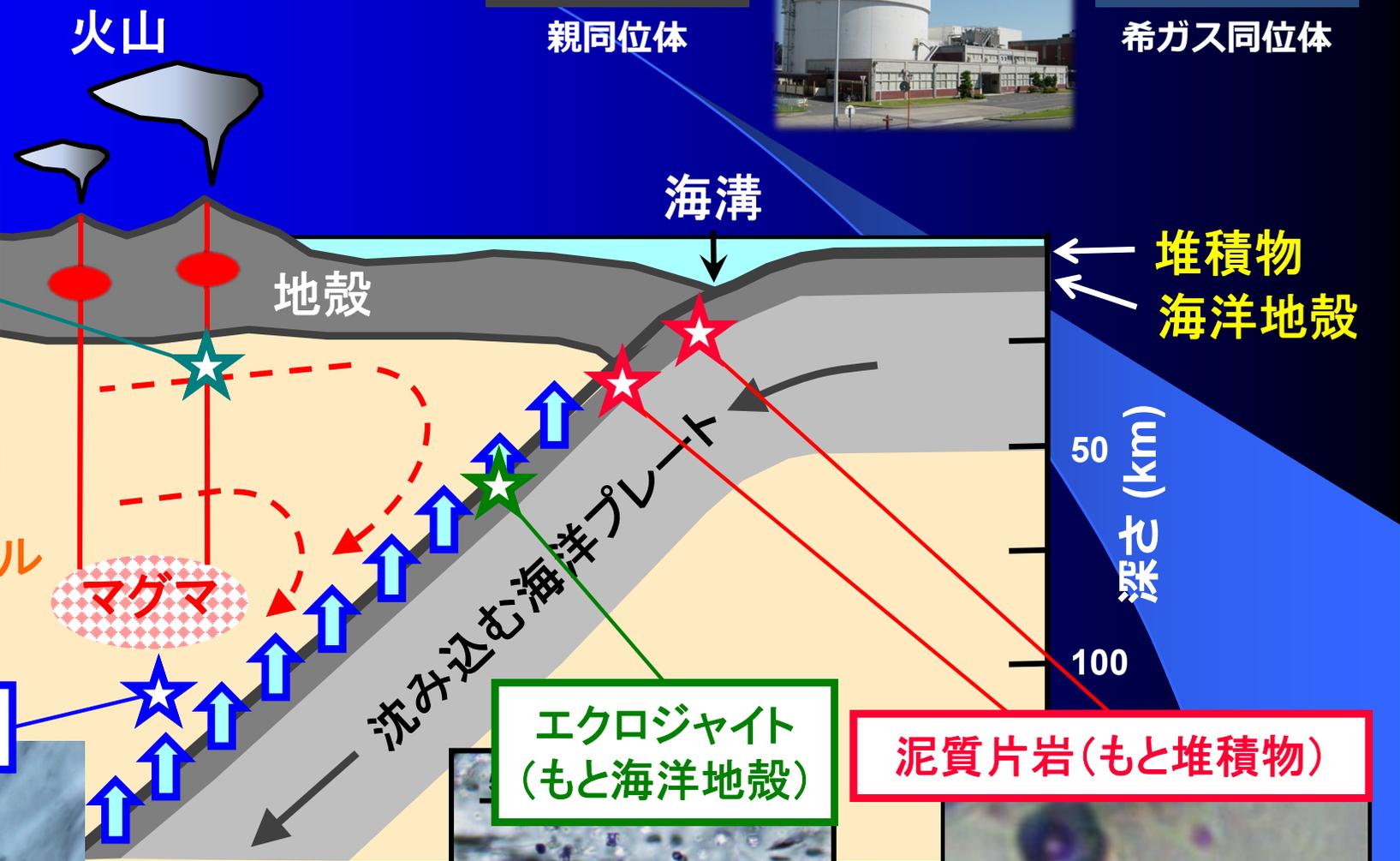
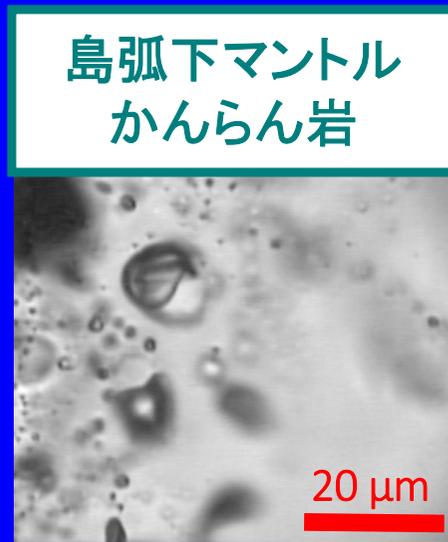
深部とは分かるが、
その環境は？



キンバーライト



希ガス質量分析を用いた 極微量ハロゲン地球化学



希ガス質量分析を用いた 極微量ハロゲン地球化学

Cl	K	Ca
Br		
I	Ba	U

親同位体

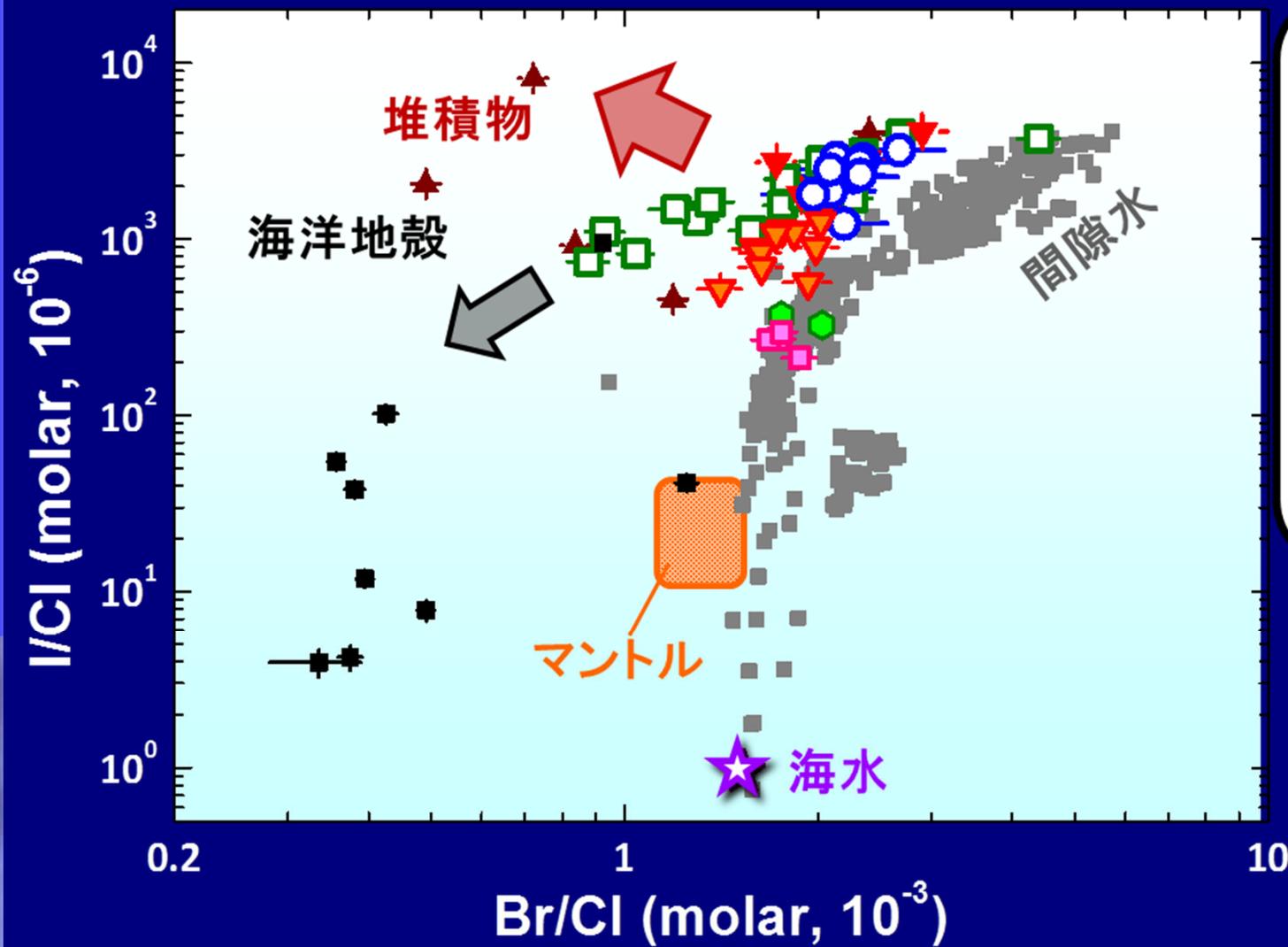
核変換@原子炉



Ar
Kr
Xe

希ガス同位体

島弧下マントル
かんらん岩

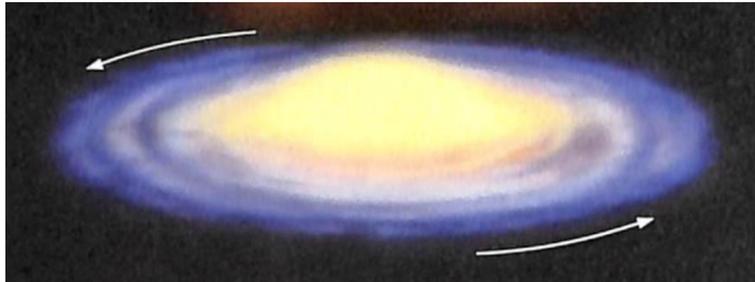


- スラブ直上かんらん岩
- 沈み込んだ海洋地殻
- ▼ 石英脈
- ◆ 幌満かんらん岩
- ▽ カムチャツカ捕獲岩
- ピナツボ捕獲岩
- ▲ 堆積物
- 海洋地殻
- 間隙水

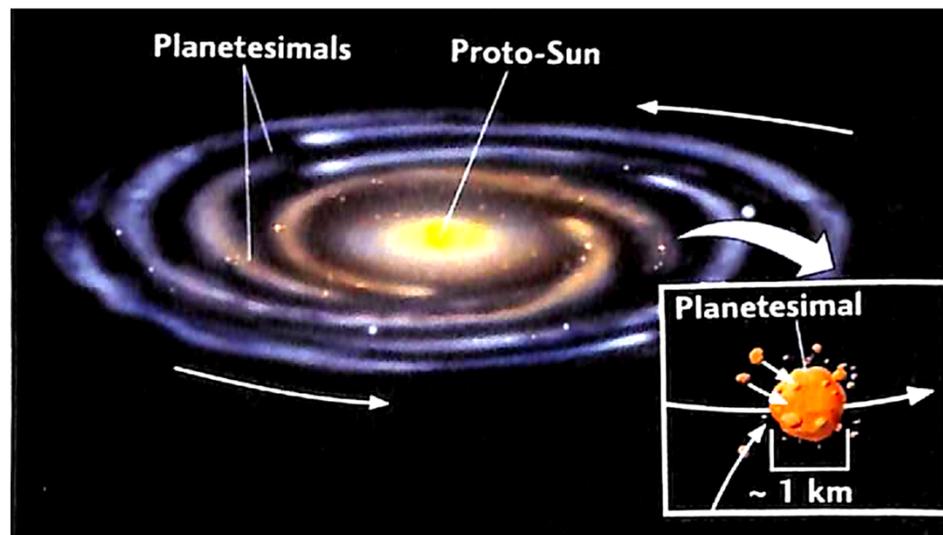
(Sumino et al., *EPSL* 2010)
(Kobayashi et al., *EPSL* 2017)

太陽系の成り立ち

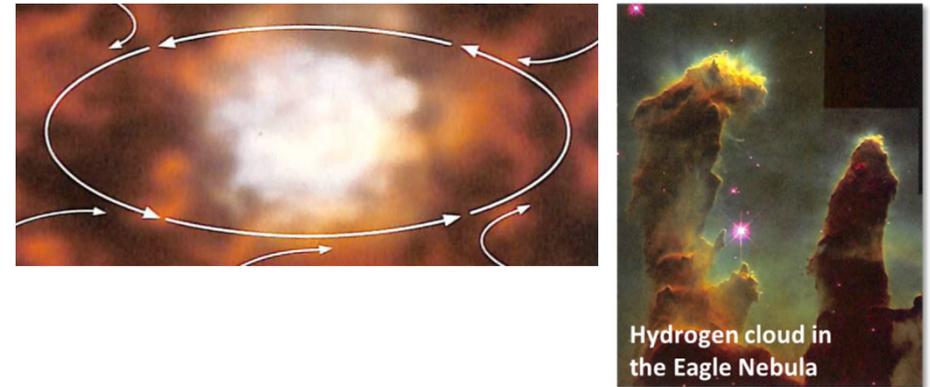
2. ガスと塵(原始太陽系星雲)が円盤状に回転し、中心には物質が集まり原始太陽ができる。



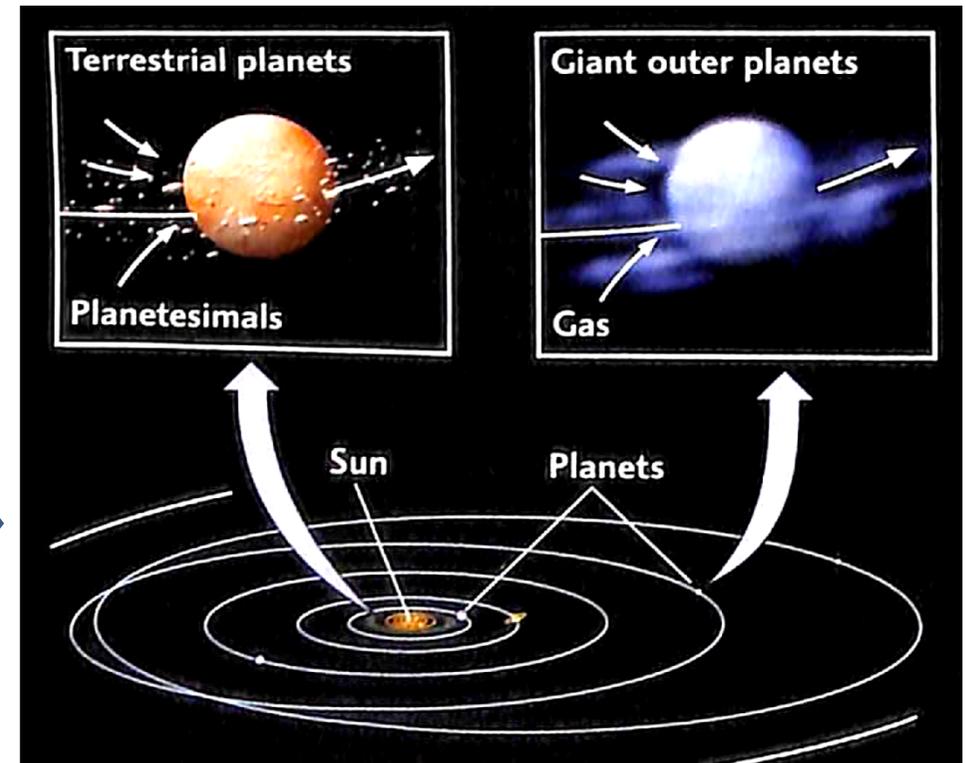
3. 円盤部分のガスと塵がさらに集まり、kmサイズの微惑星(planetesimal)ができる。



1. 星雲ガスと塵が重力で集まり始める。

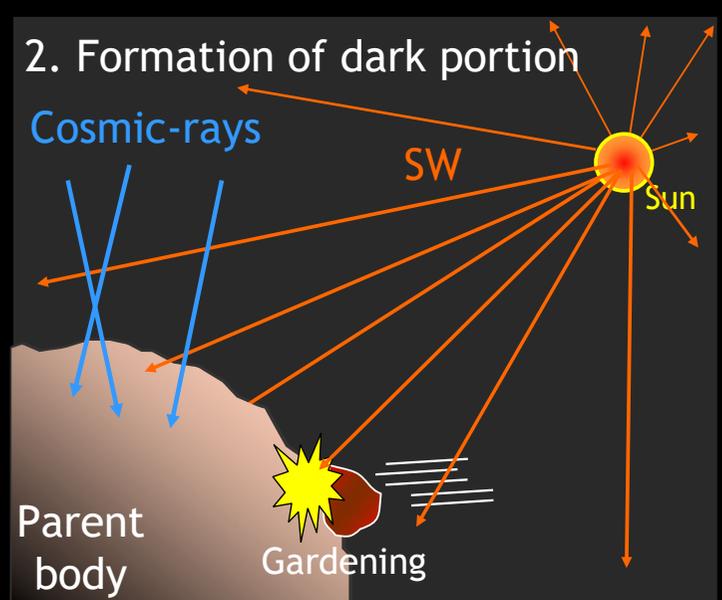
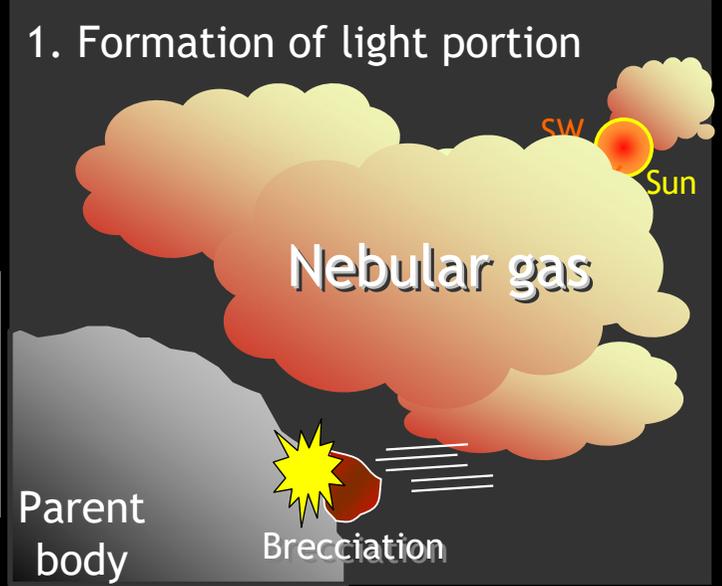
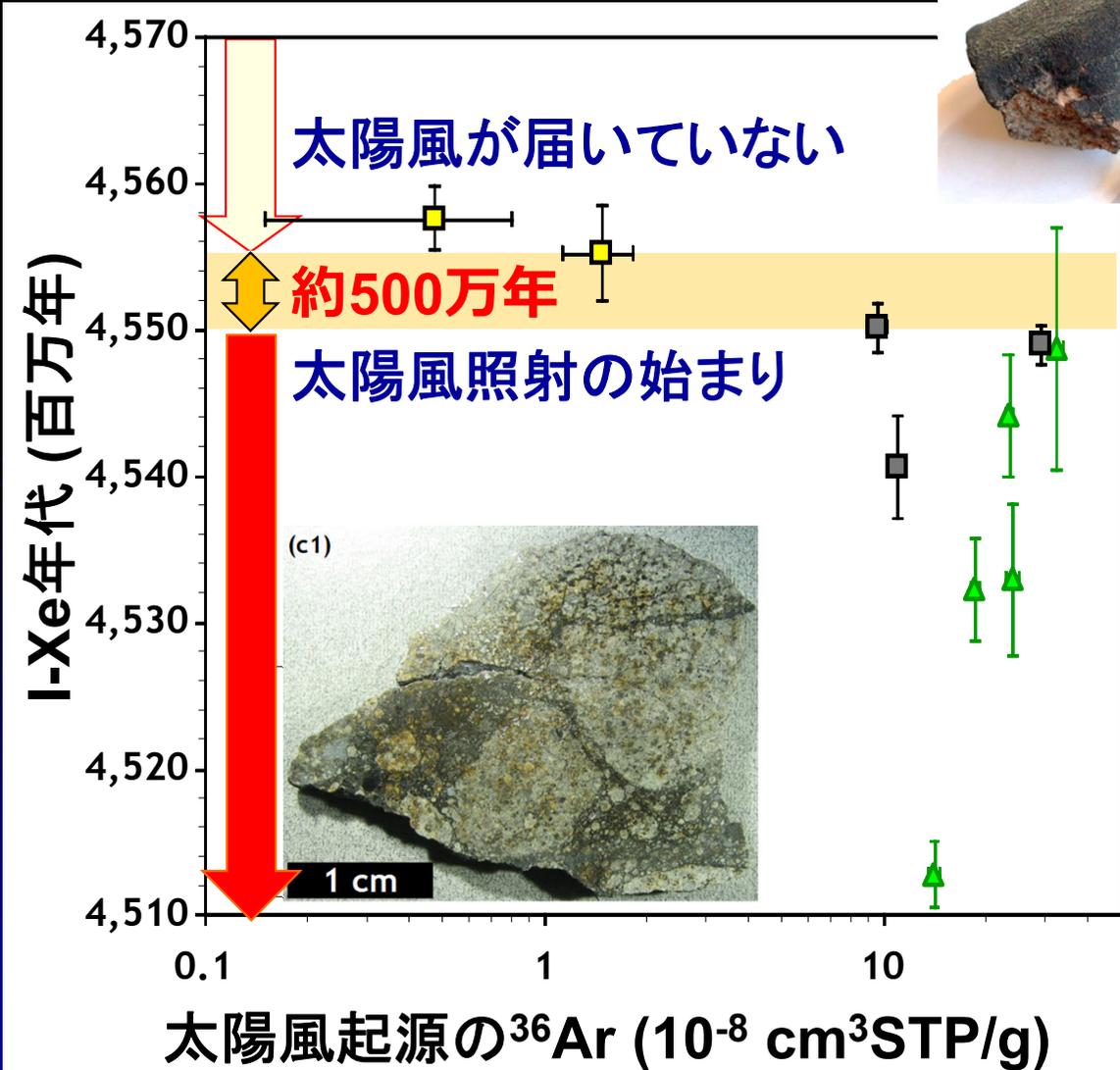


4. 微惑星が衝突合体を繰り返して成長し、星雲ガスを捕まえた大きい木星型惑星、ガスが少なく小さい地球型惑星ができる。



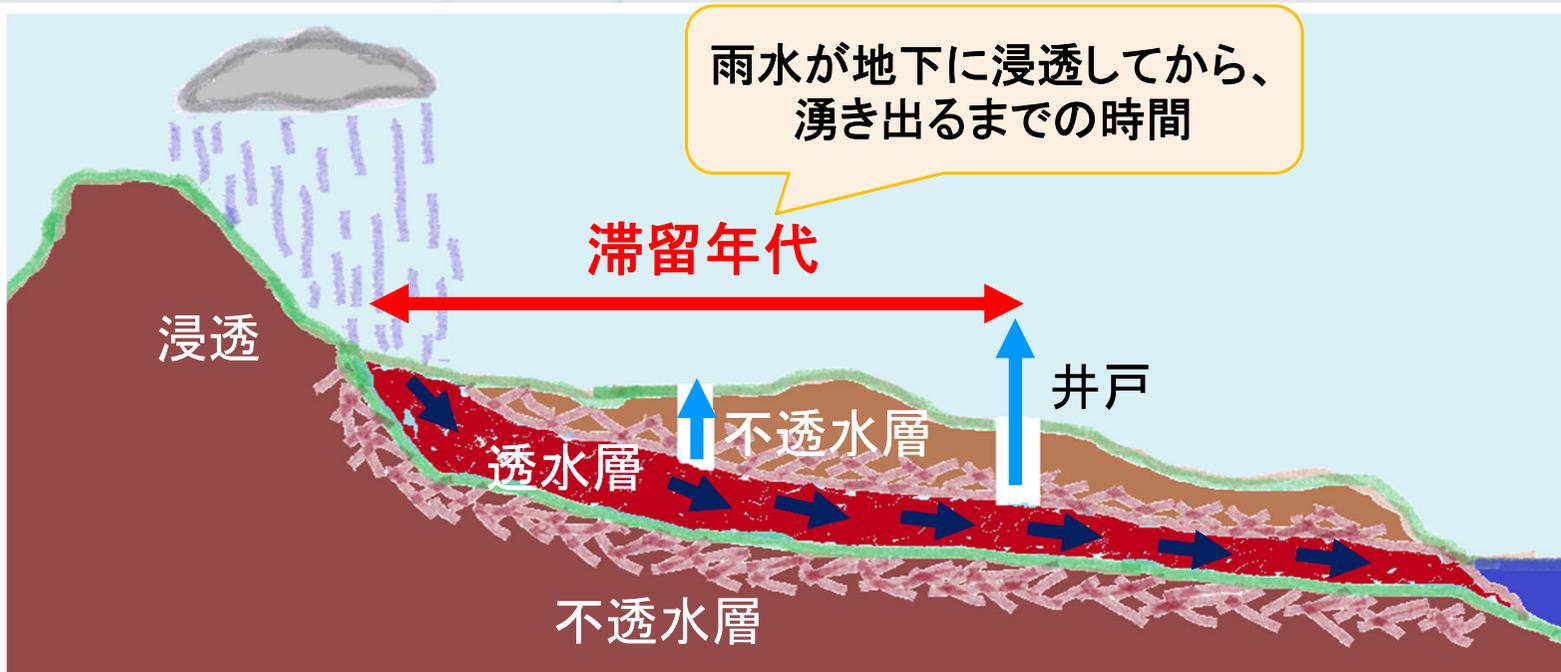
星雲ガスがなくなったのはいつ?

I-Xe年代から制約する太陽系の晴れ上がり

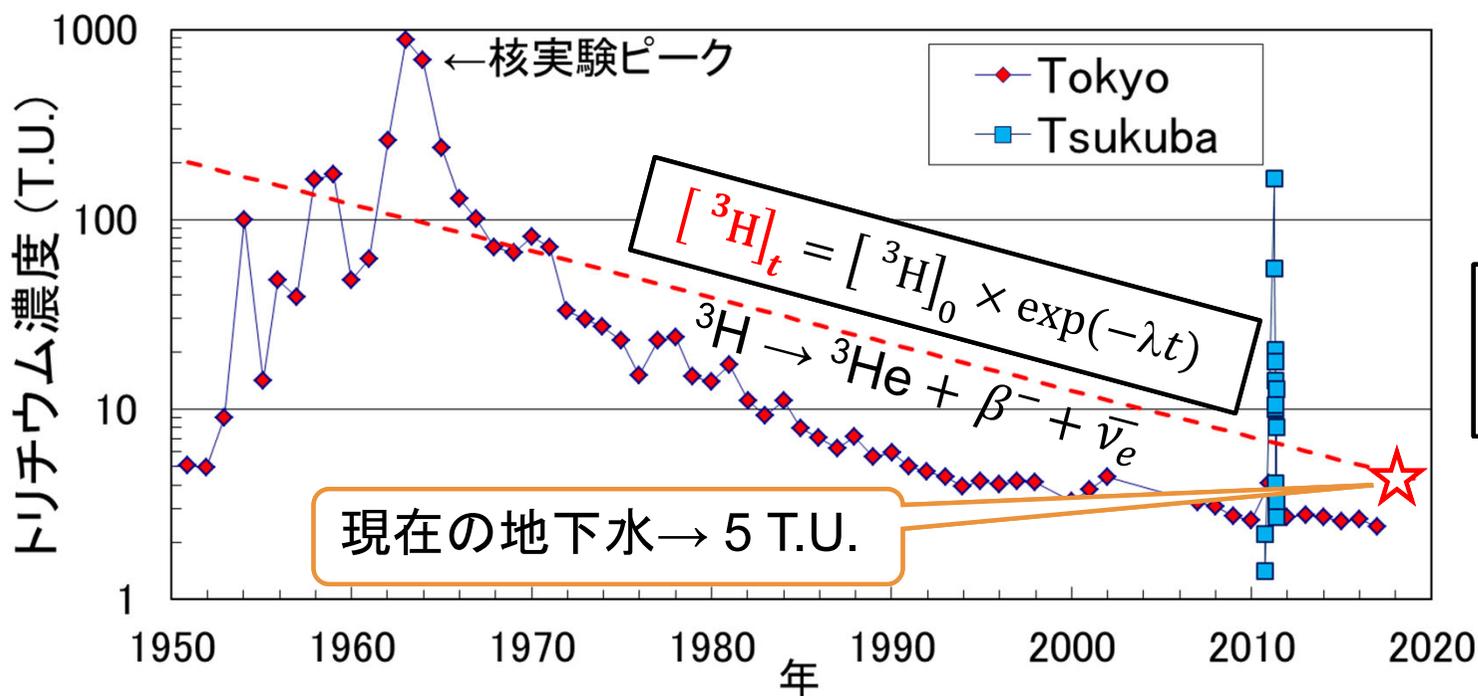


Bajo (Ph.D. thesis, 2011)

地下水のトリチウム-³He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-³He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

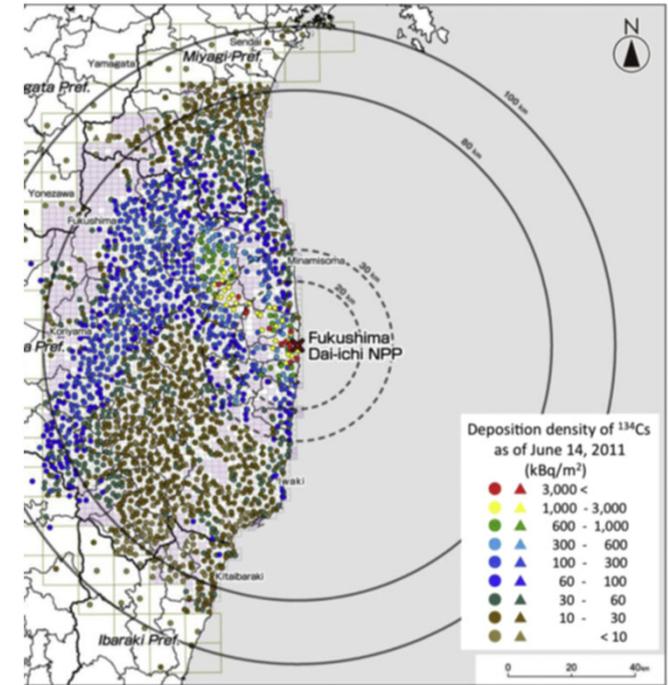
- ・年代値の候補が複数。
- ・人為的なトリチウム混入に弱い。

福島第一原発事故

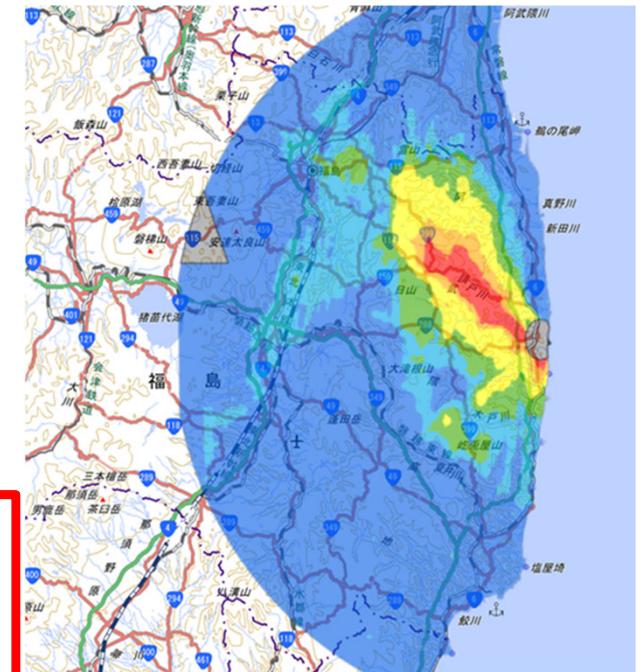
- 2011年3月11日、東日本大震災に伴う津波により発生。
- 大量の放射性物質が大気中に放出され、現在もなお多くの被害が残る。
- 飛散した放射性核種：
 ^{133}Xe , ^{131}I , ^{133}I , ^{132}Te ,
 ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^3H , etc.



土壌中の ^{134}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？