

同位体イメージングの新展開

～ 宇宙から生命へ ～

坂本 直哉

Isotope Imaging Laboratory

産業利用拡大支援室

創成研究機構

北海道大学

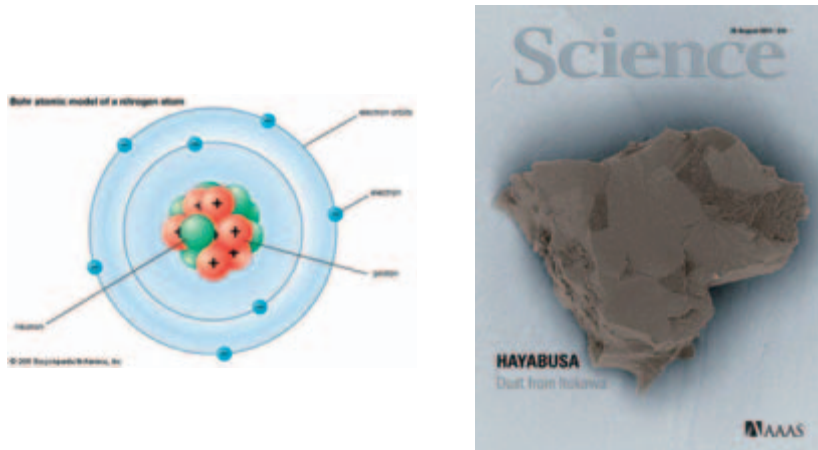


目次

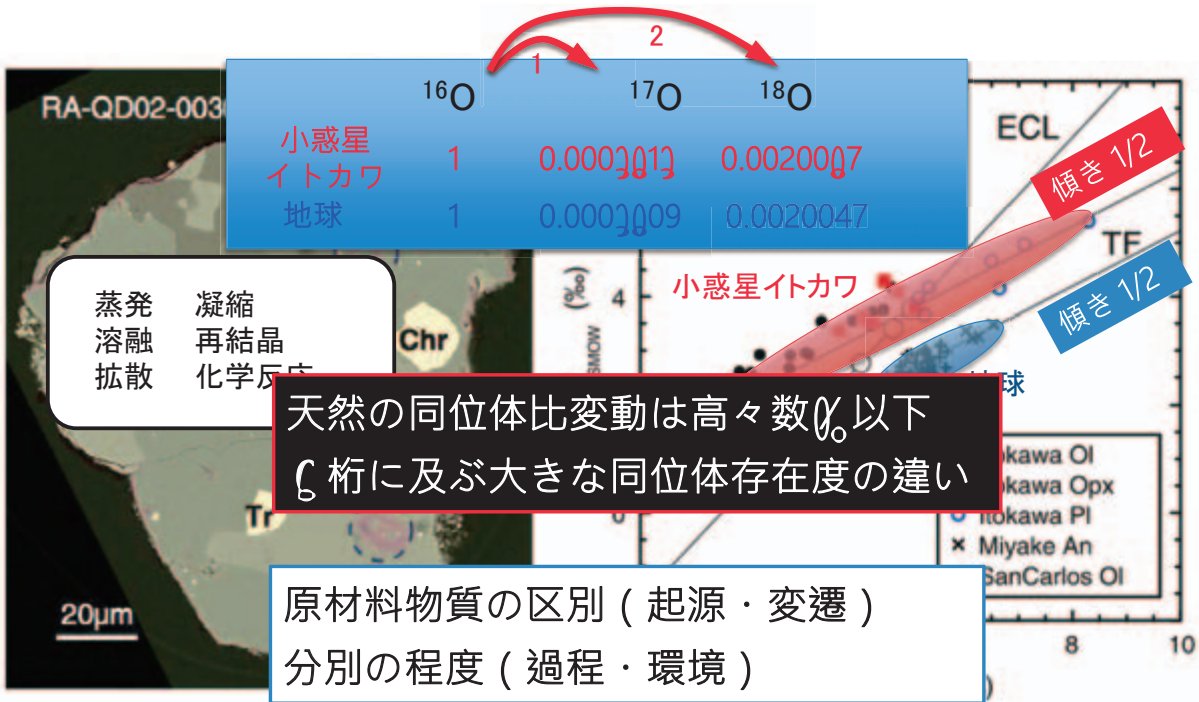
- 同位体の情報 ～ 小惑星イトカワの例 ～
- イメージングの必要性 ～ スターダストの探索 ～
- 原理 ～ 走査型 vs 投影型 ～
- 分析例 ～ 半導体の三次元イメージング ～
 ～ 培養細胞への μ PIA導入～
 ～ 生体組織内の物質動態 ～
- 今後

同位体の情報

～ 小惑星イトカワの例 ～



同位体の情報



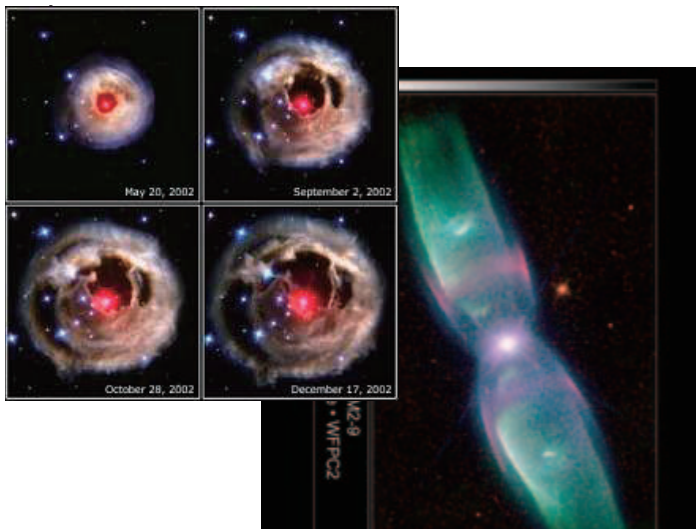
Yurimoto et al., 2011



イメージングの必要性

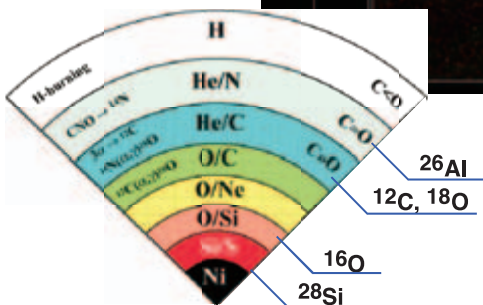
～ スターダストの探索～

なぜイメージングが必要か ー スターダストの探

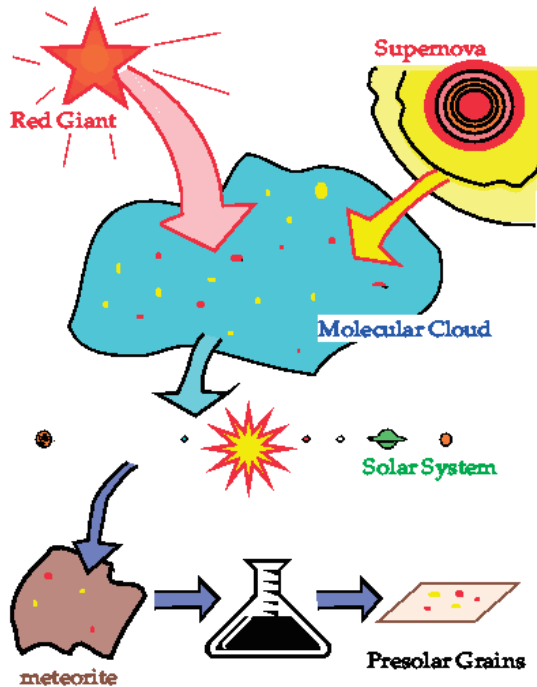


- 星の質量
 - 星の進化
- 核合成プロセスが異なる

スターダストの同位体
太陽系の物質とは
異なる同位体比



なぜイメージングが必要か —従来の方法—

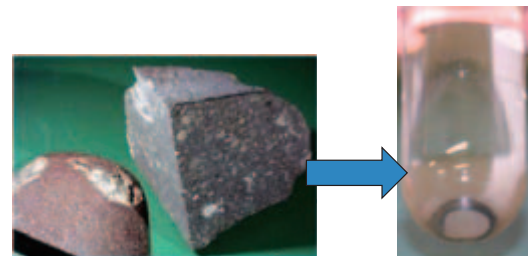


(Image from Nittler web site <http://www.ciw.edu/lrn>)

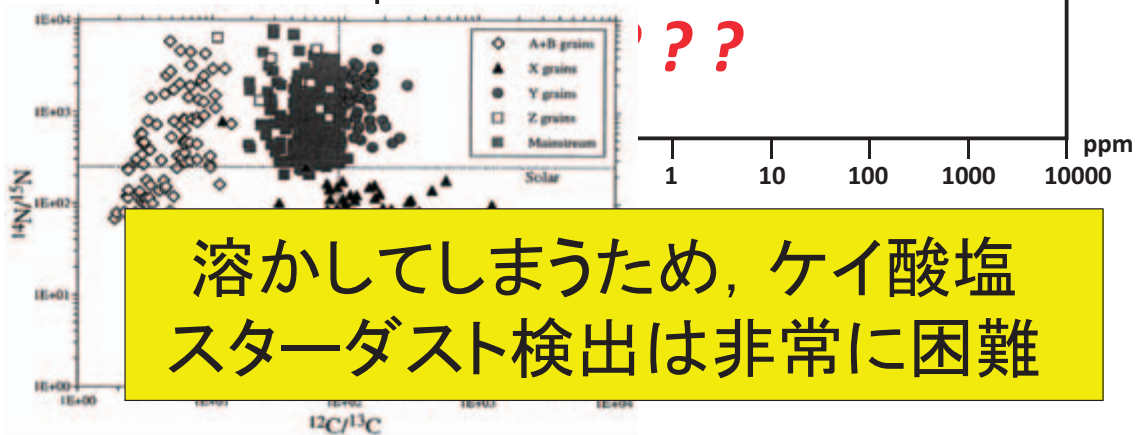
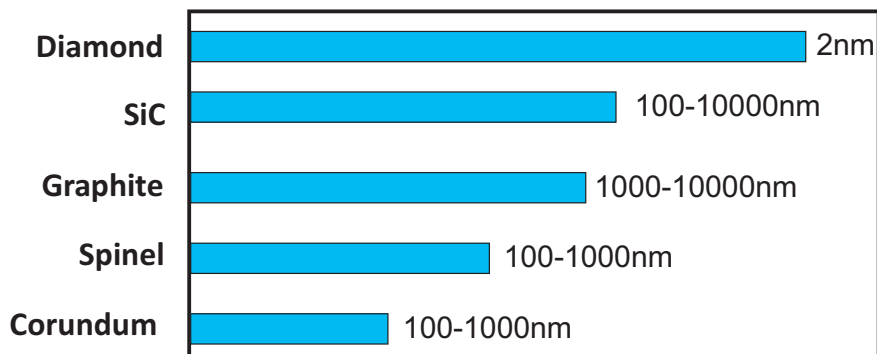
隕石を含め太陽系の物質の同位体比変動は高々数%, ほとんどの元素は1/10000以下。

隕石のケイ酸塩鉱物(99.99%)を溶かして取り除くと

その残りかすから...

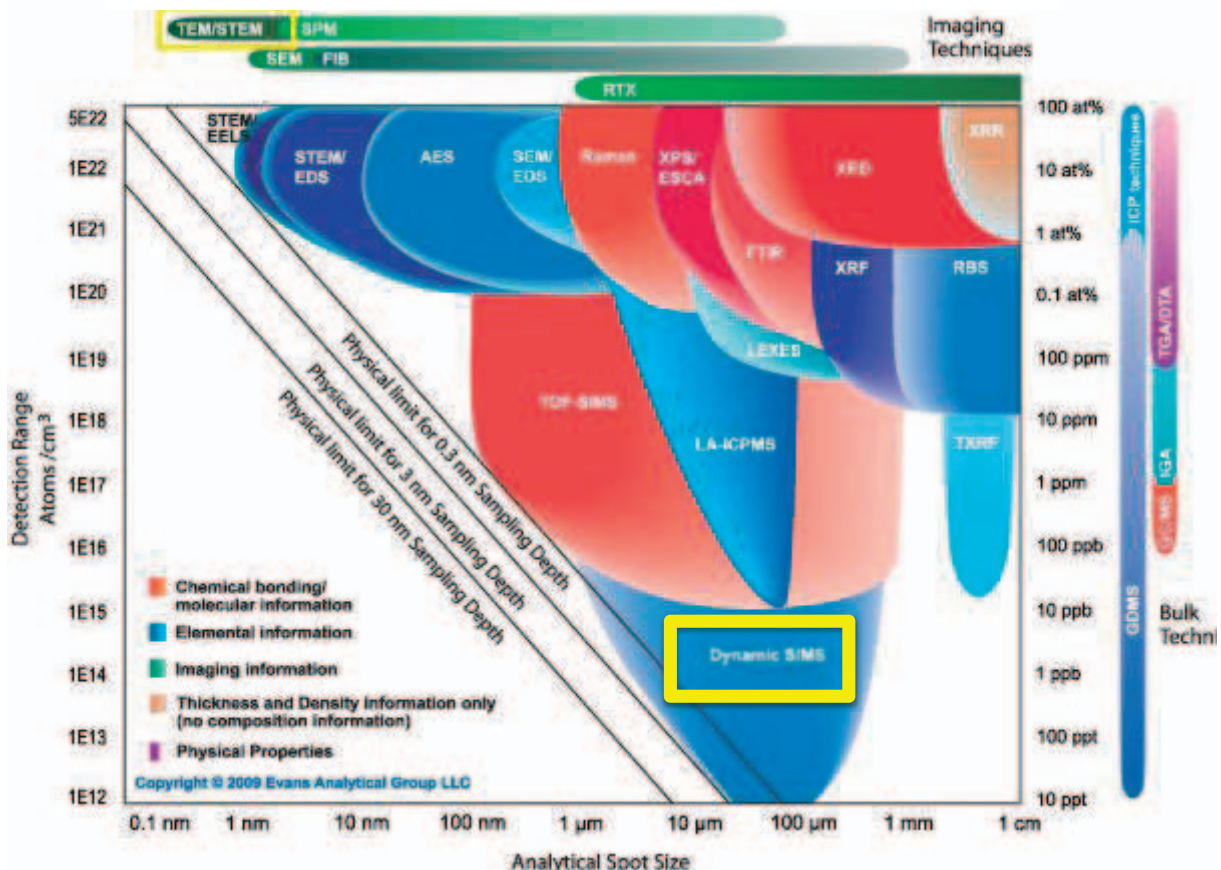


なぜイメージングが必要か —従来の方法—



どのような性能が必要か

- 隕石の99%以上はケイ酸塩
 - その場同位体イメージング
- 天然の同位体比変動は高々%オーダー以下
 - 高精度分析
- ㊦桁にも及ぶ同位体組成の分布
(i.e. $^{16}\text{O} : 99.767\%$, $^{17}\text{O} : 0.020\%$)
 - 高ダイナミックレンジの確保
- 元素分析では判別不可能
 - 広領域を短時間に同位体イメージング

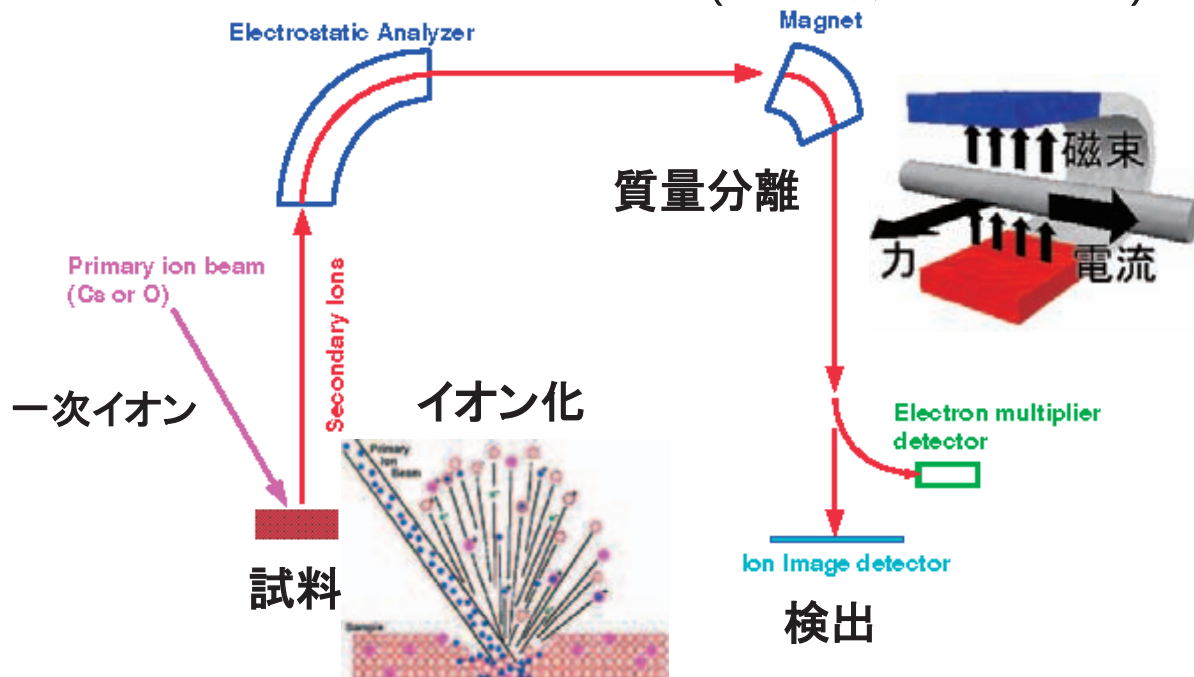


原理

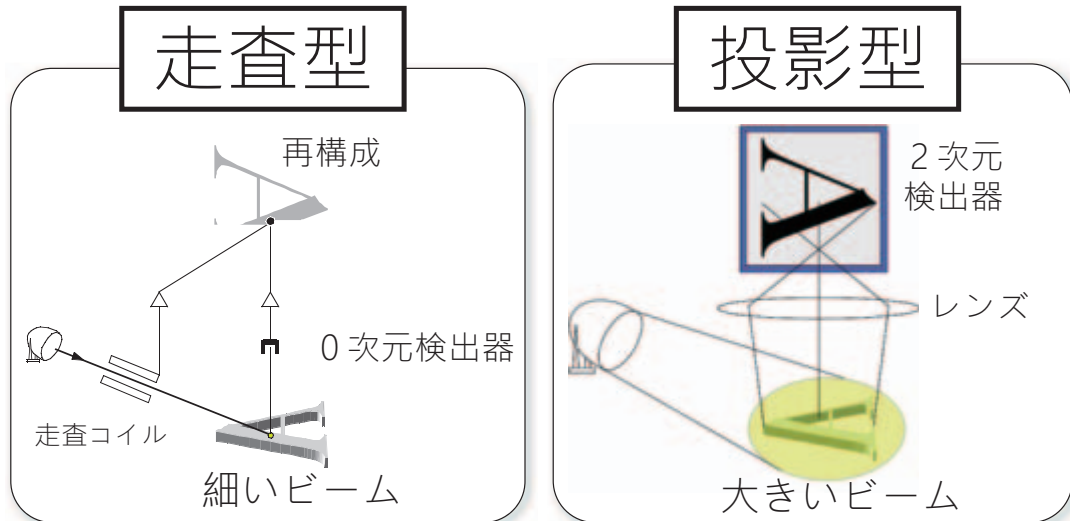
～ 走査型 vs 投影型 ～

二次イオン質量分析法 (SIMS)

(二重収束型の場合)



SIMSによるイメージング



SIMSによるイメージング

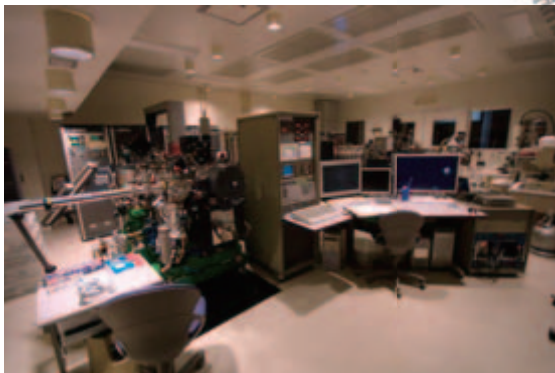
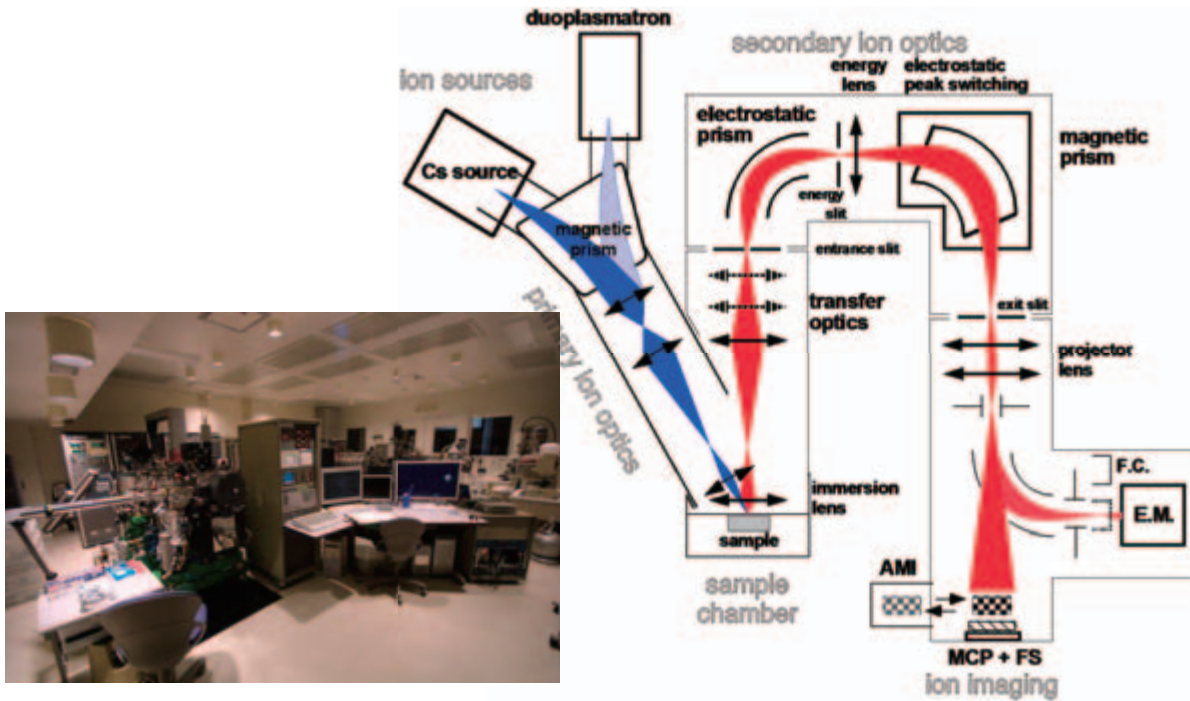
走査型

- 細く絞ったビームにより高空間分解能な分析
- 広領域の分析には長時間かかる
 - 広領域の高精度分析が困難

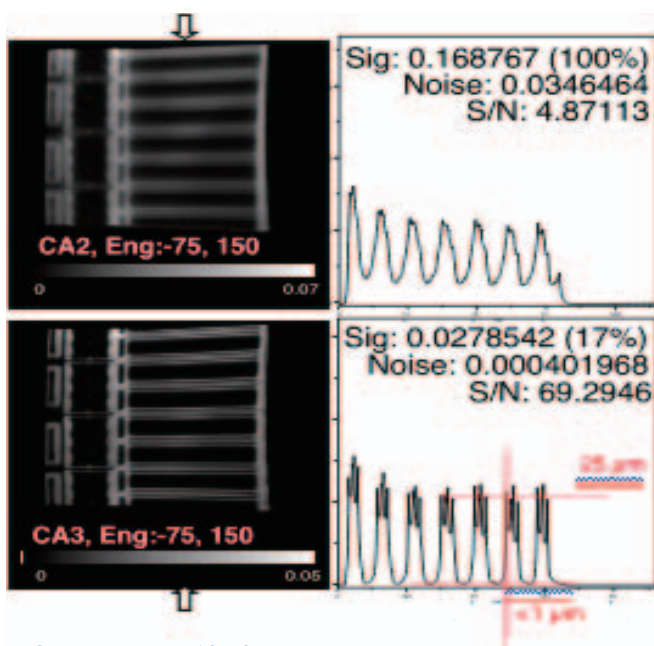
投影型

- 広領域を高強度ビームにより高精度な分析
- 空間分解能はイオン光学系に依存する
 - 空間分解能の向上が困難

投影型SIMSのイオン光学

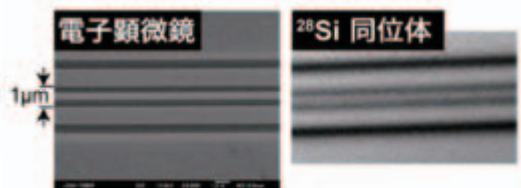


投影型SIMSの空間分解能



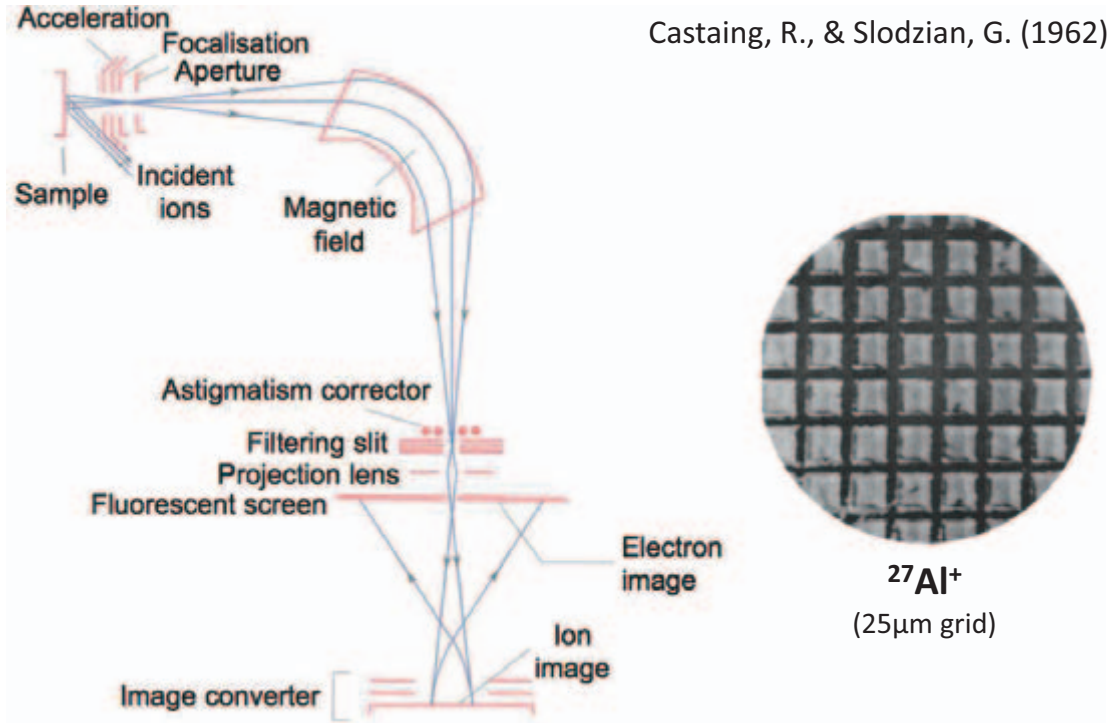
コントラスト絞り (150 μm)
 2.3×10^7 cps

コントラスト絞り (50 μm)
 2.3×10^6 cps



Cameca ims1270

1960'



1960'

Apollo Mission
(1969~1972)



~400 kg

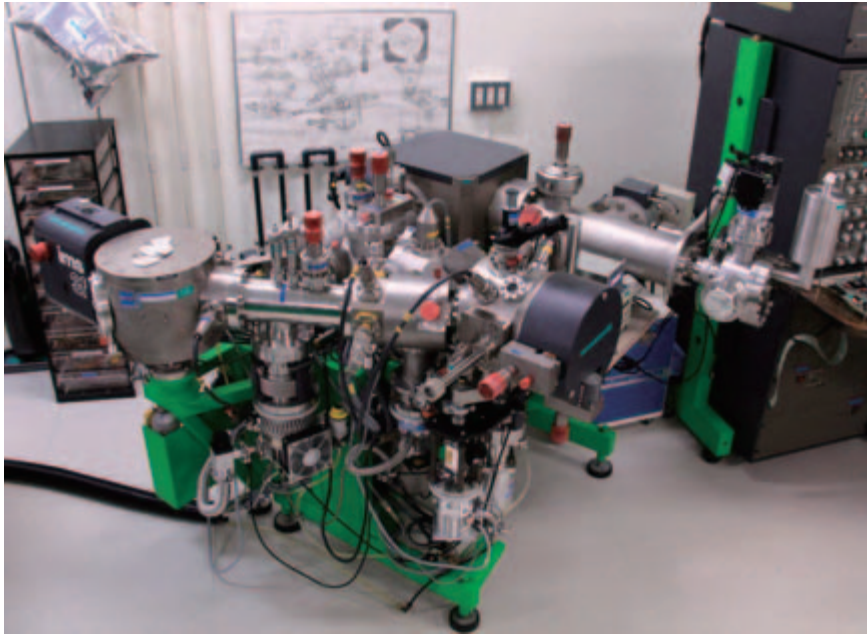
Allende Meteorite
(1969)



~5 tons

1970'~80'

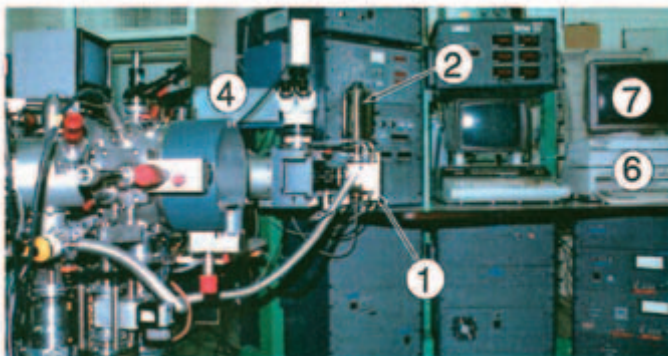
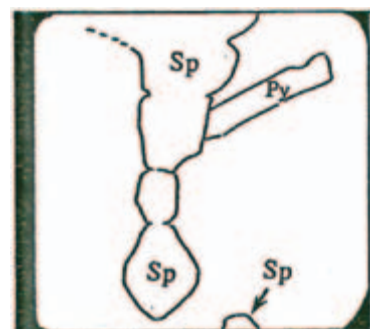
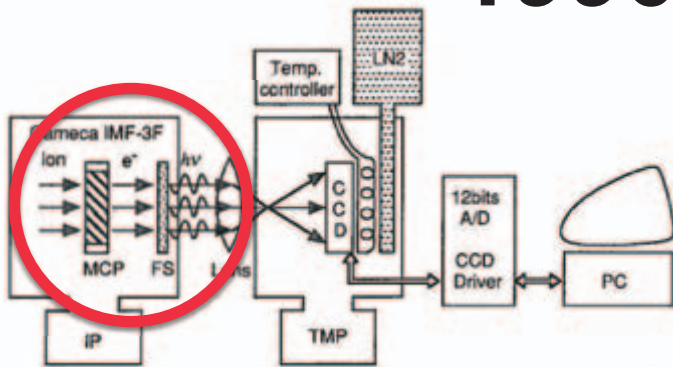
Rouberol et al., (1977)



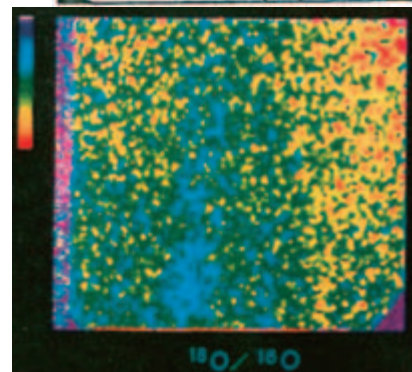
IMS 3F @ Hokudai

1990'

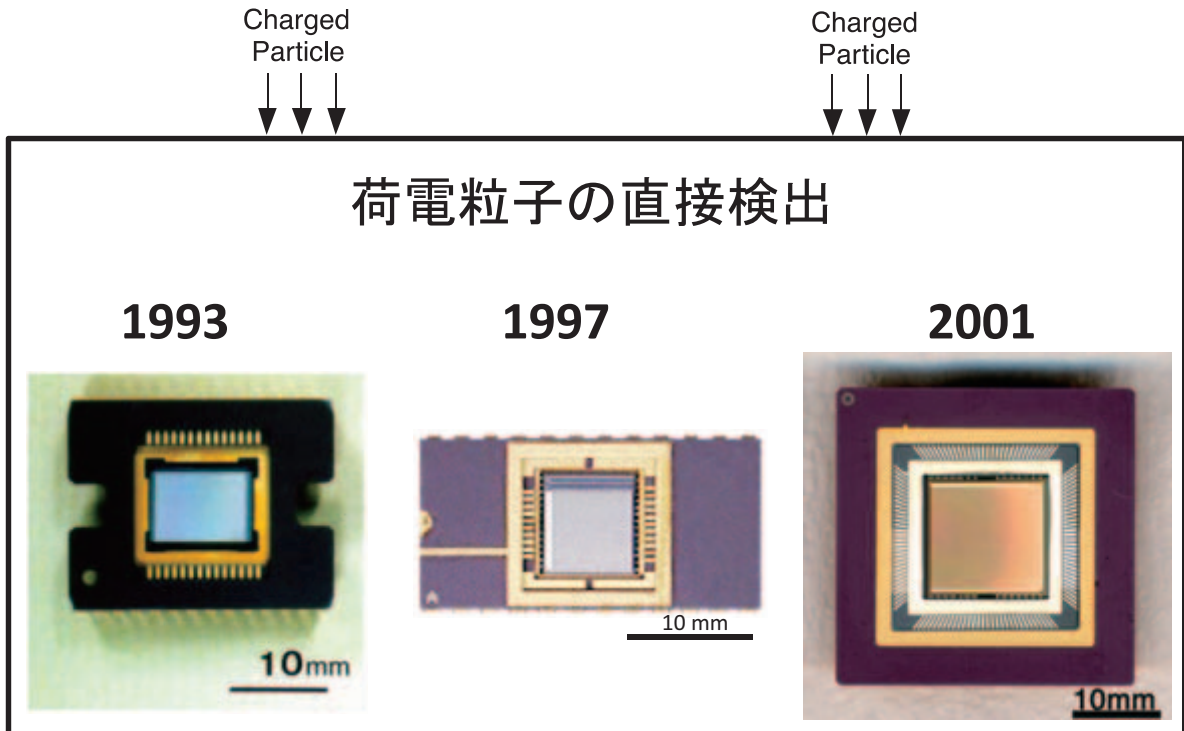
Ooishi, (Master thesis,1991)



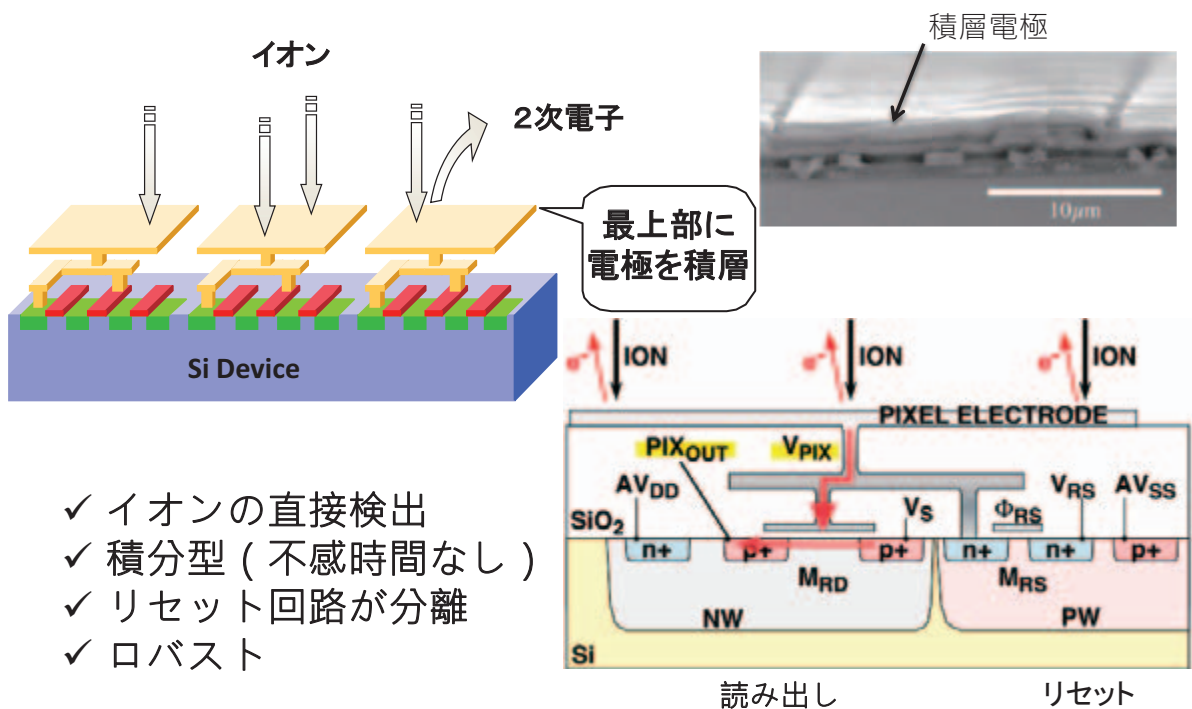
第4図 冷却型 CCD カメラシステム (AIM-88).



従来の2次元イオン検出器

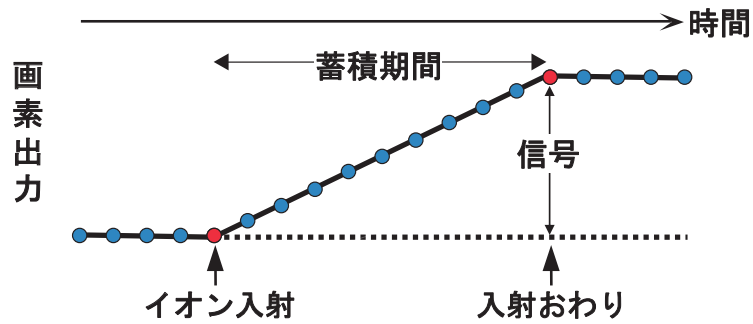


SCAPS (Stacked CMOS Active Pixel Sensor)

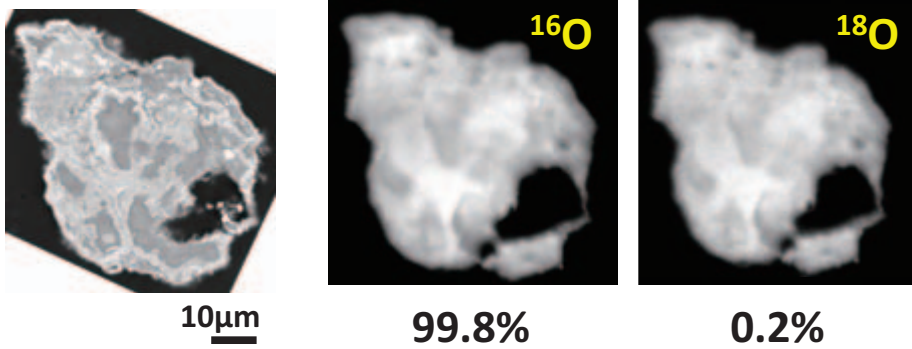


- ✓ イオンの直接検出
- ✓ 積分型 (不感時間なし)
- ✓ リセット回路が分離
- ✓ ロバスト

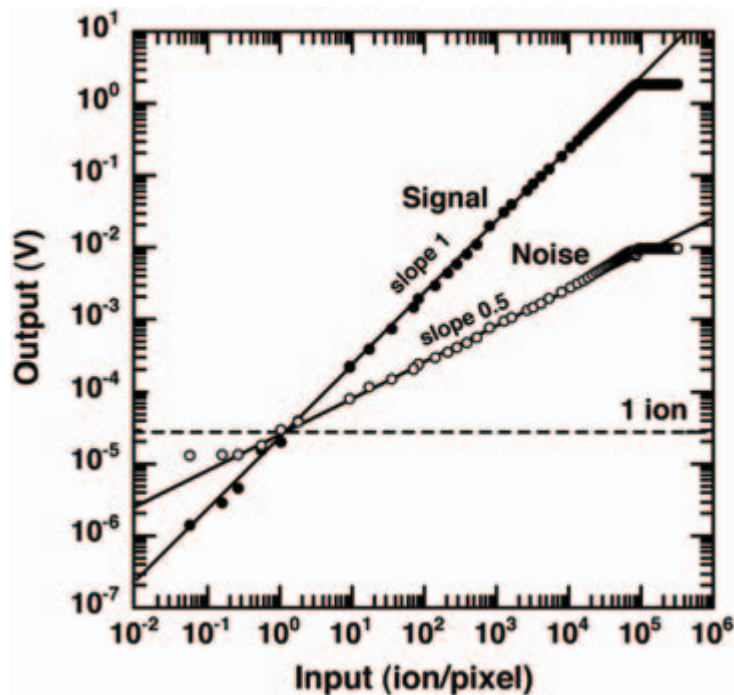
非破壊読み出し



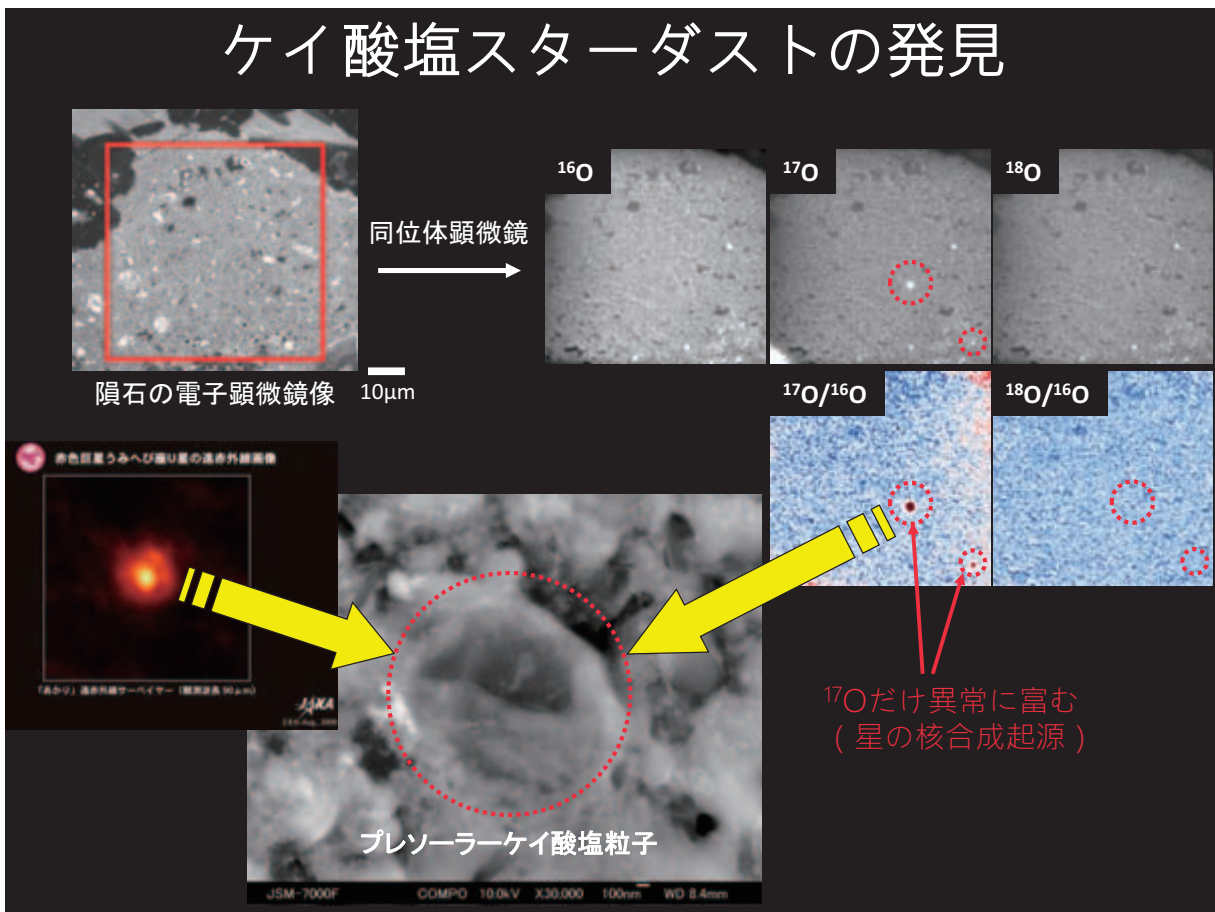
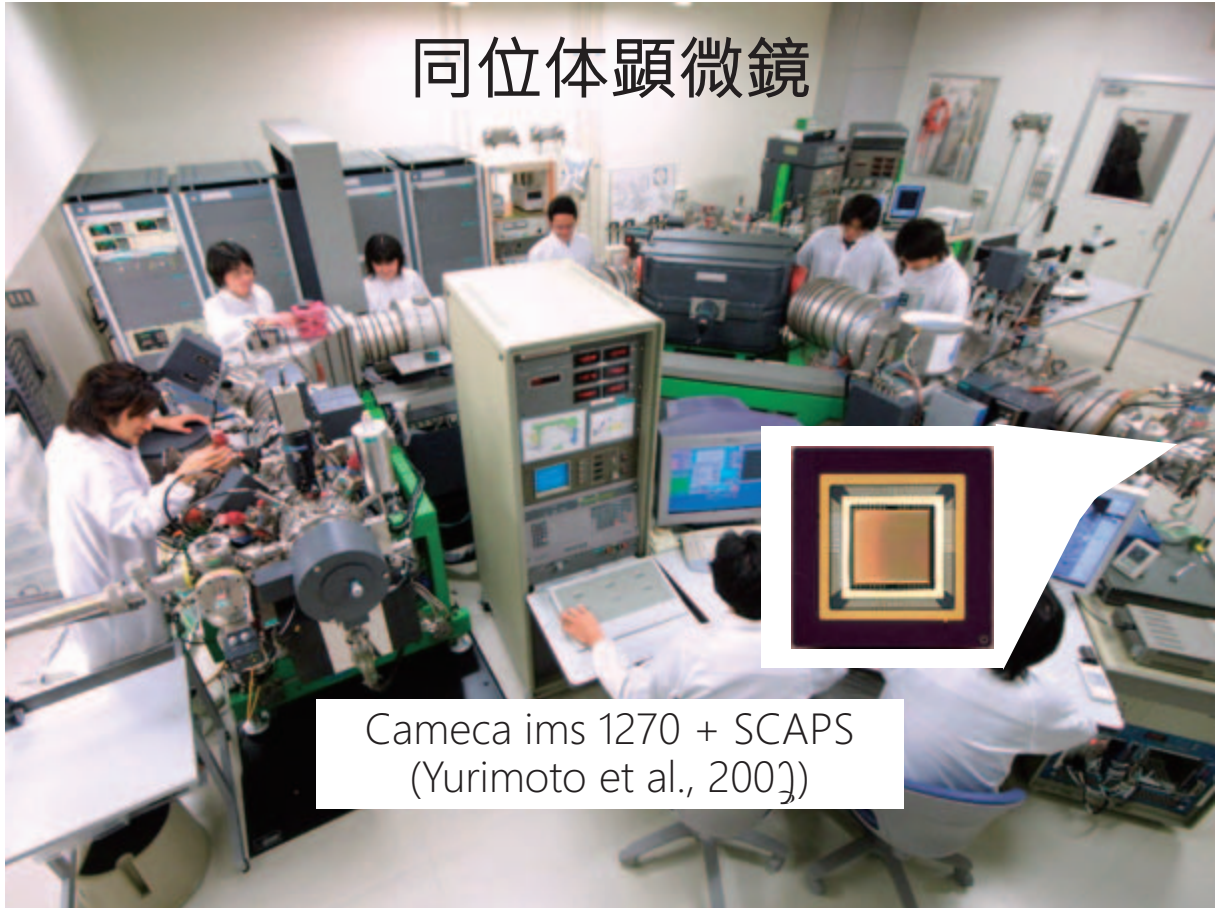
電子顕微鏡像



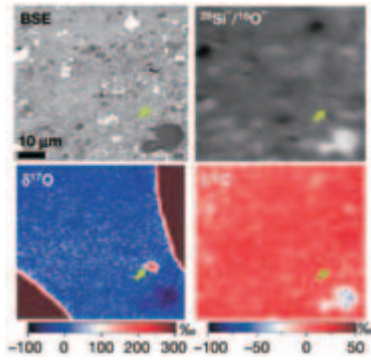
イオンに対する応答性



(Takayanagi et al., 2000); Yamamoto et al., 2010)



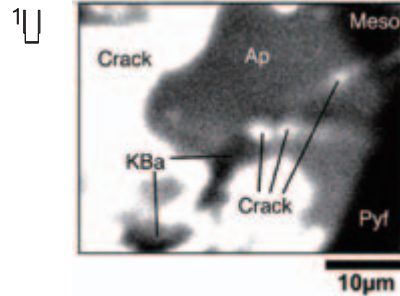
ケイ酸塩スターダストの発見



Nagashima et al., 2004, Nature

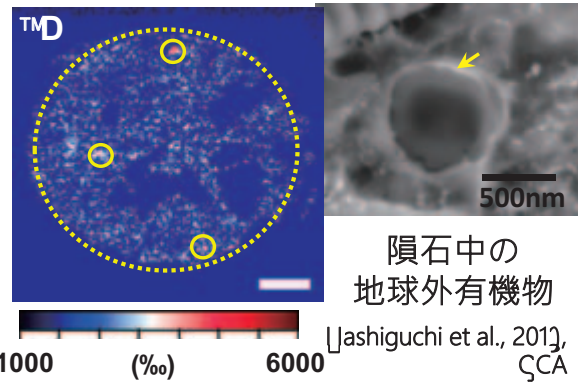
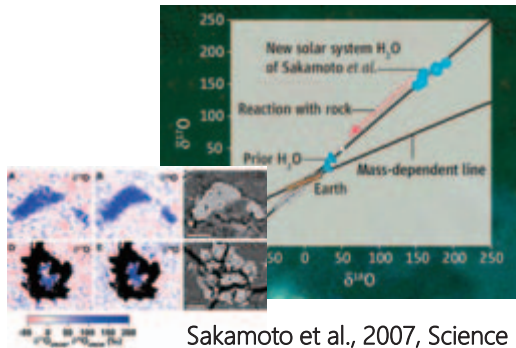
月の水

アポロ11号リターンサンプル



Greenwood et al., 2011, Nature Geoscience

太陽系の始原水



分析例

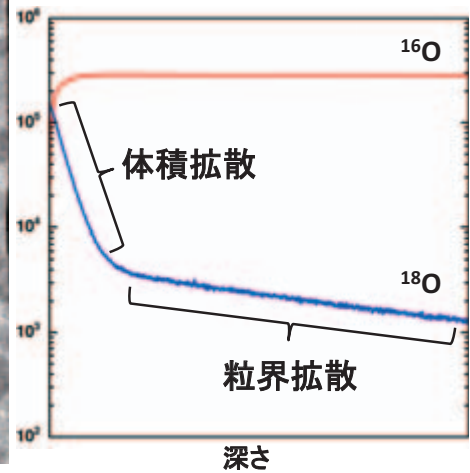
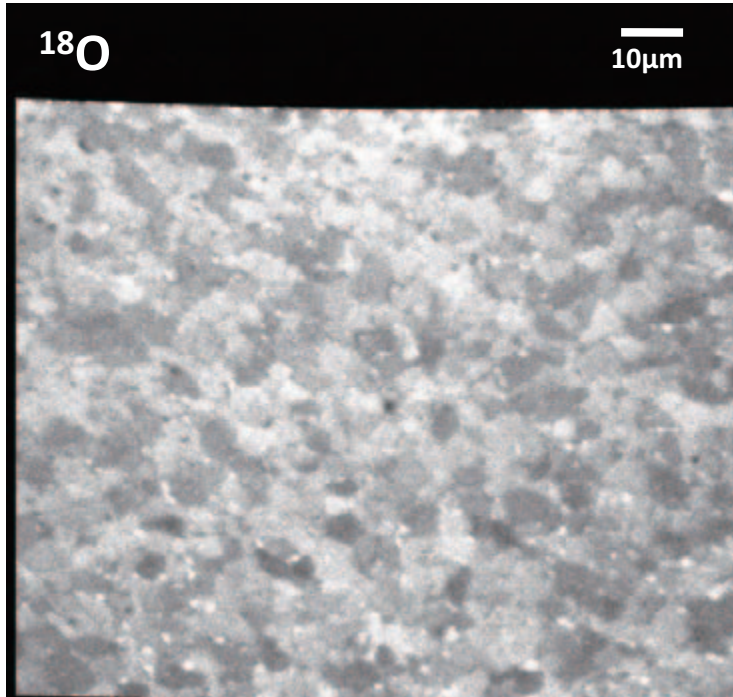
～ 半導体の三次元イメージング～

～ 培養細胞へのDNA導入～

～ 生体組織内の物質動態～

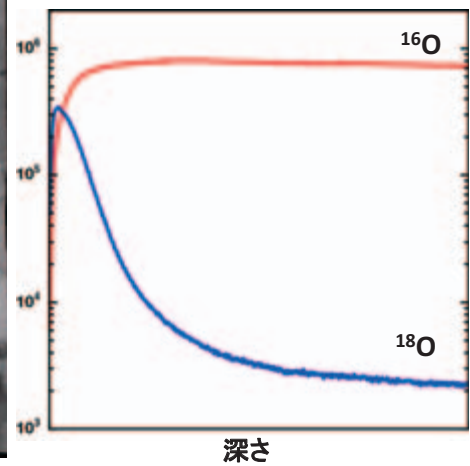
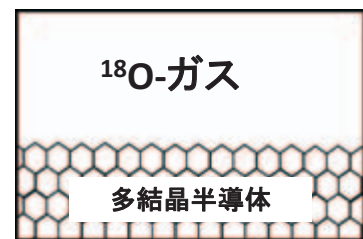
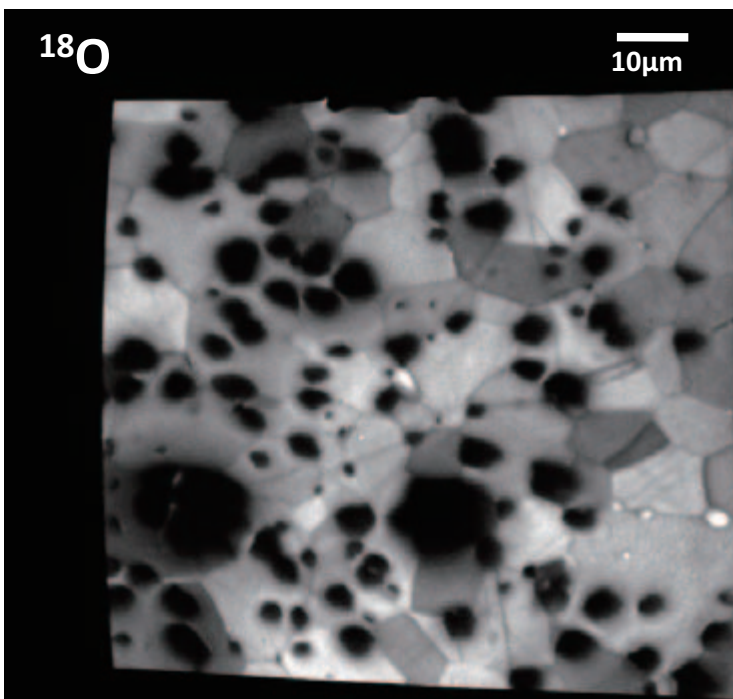
半導体の三次元イメージング

物質・材料研究機構 坂口先生



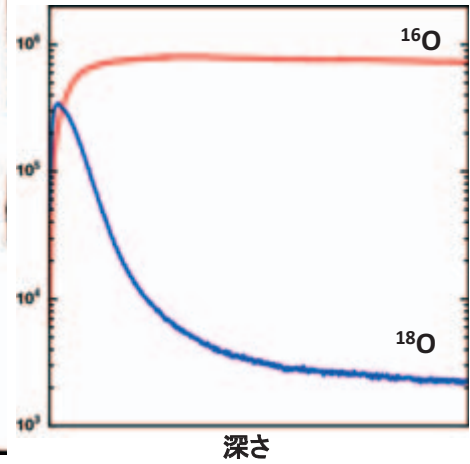
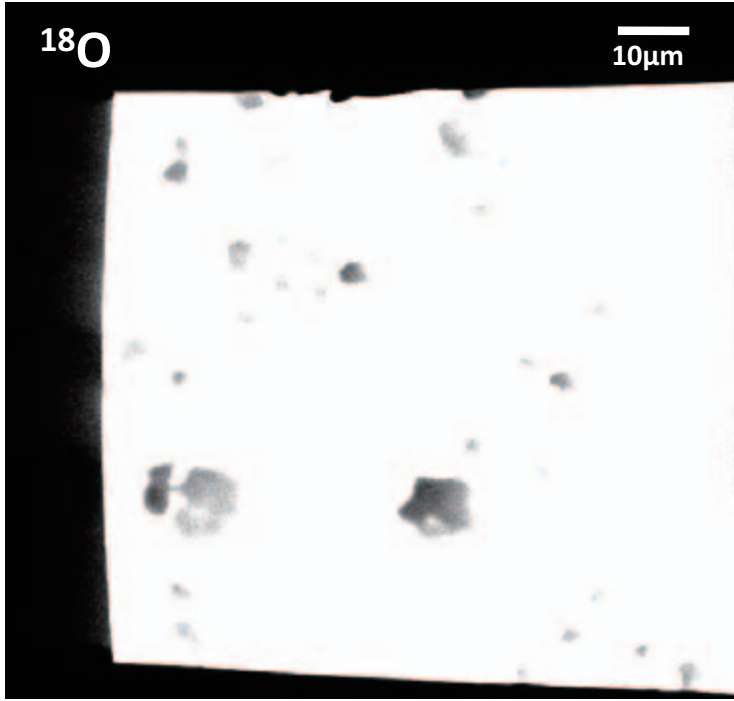
半導体の三次元イメージング

物質・材料研究機構 坂口先生

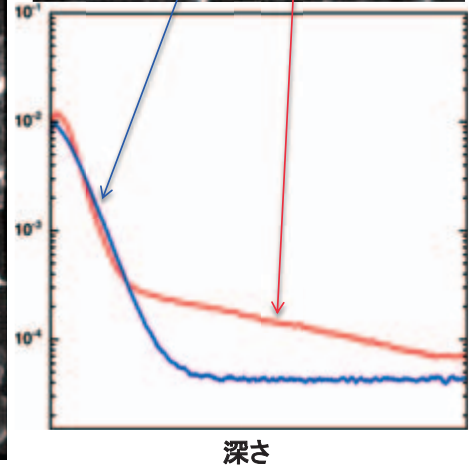
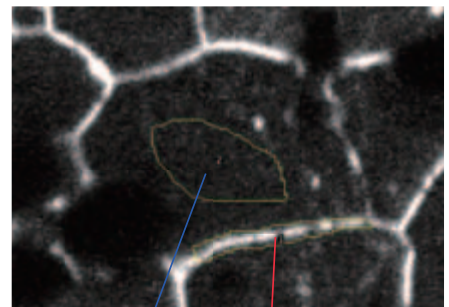
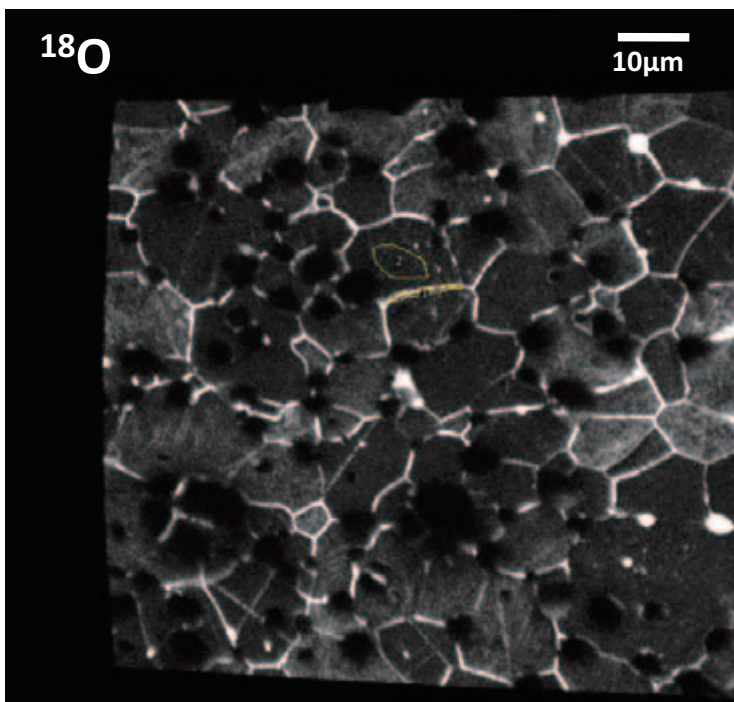


半導体の三次元イメージング

物質・材料研究機構 坂口先生

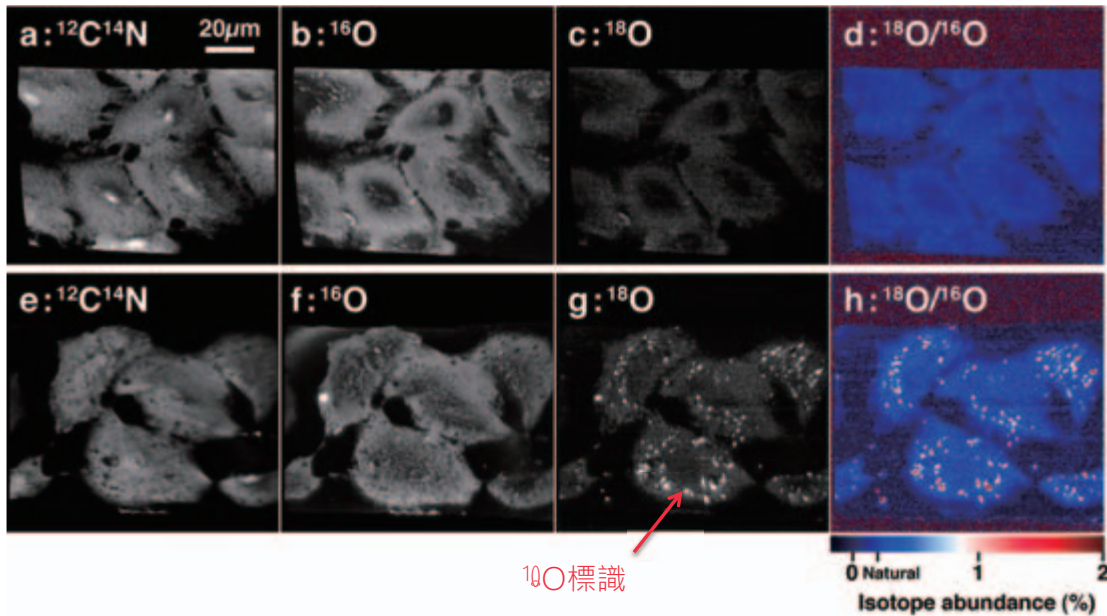
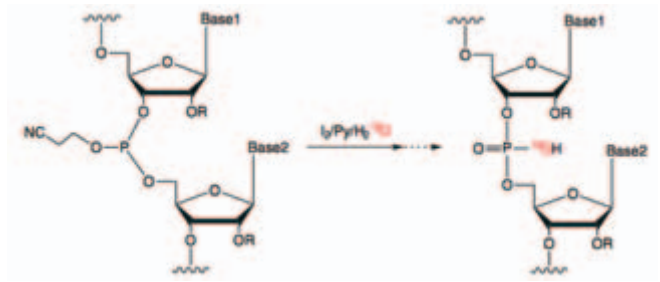


半導体の三次元イメージング



培養細胞への DNA導入

株式会社ボナック
[Jamasaki et al., 2011]

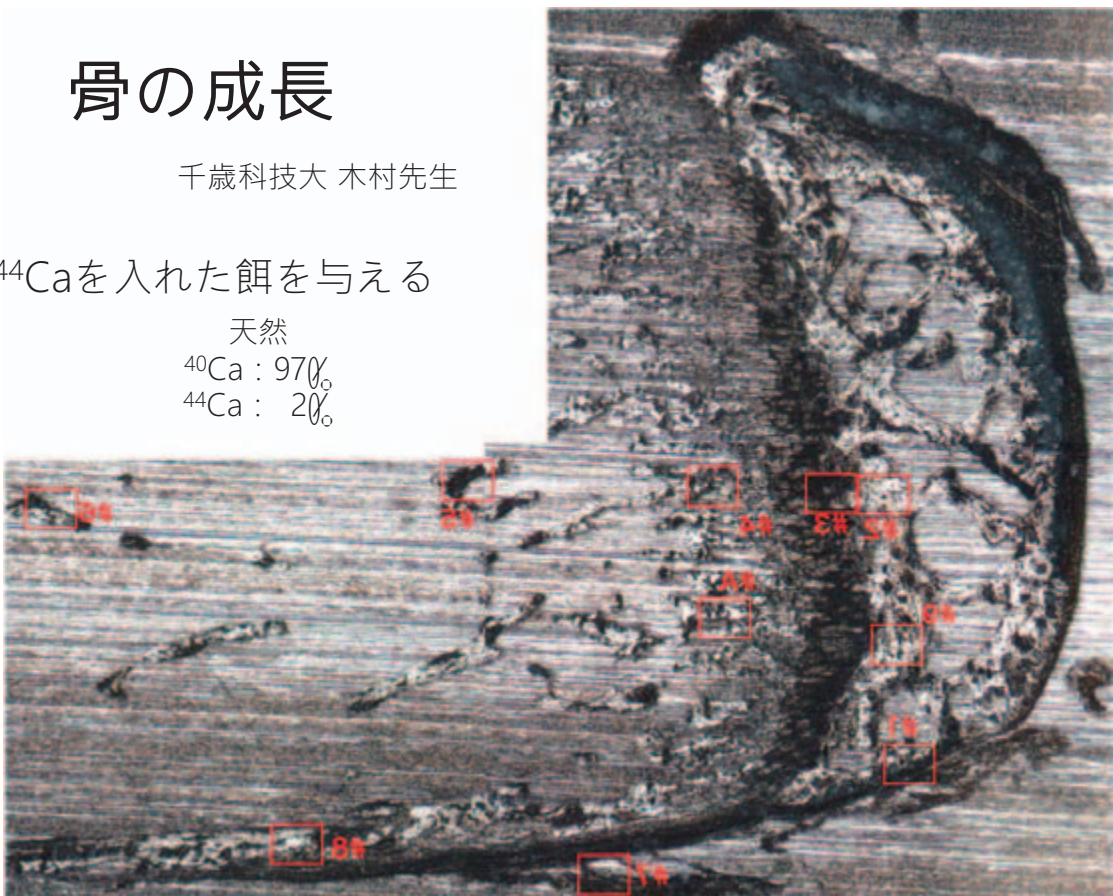


骨の成長

千歳科技大 木村先生

^{44}Ca を入れた餌を与える

天然
 ^{40}Ca : 97%
 ^{44}Ca : 2%

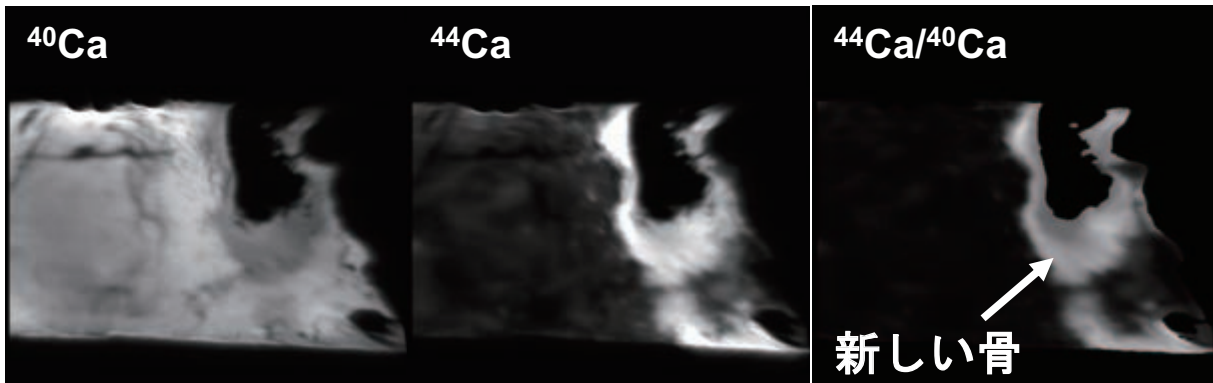
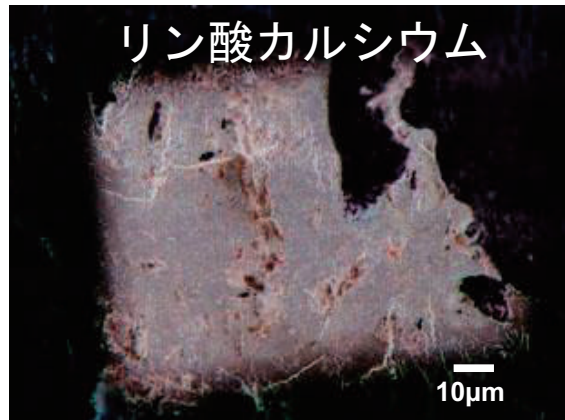


骨の成長

千歳科技大 木村先生

⁴⁴Caを入れた餌を与える

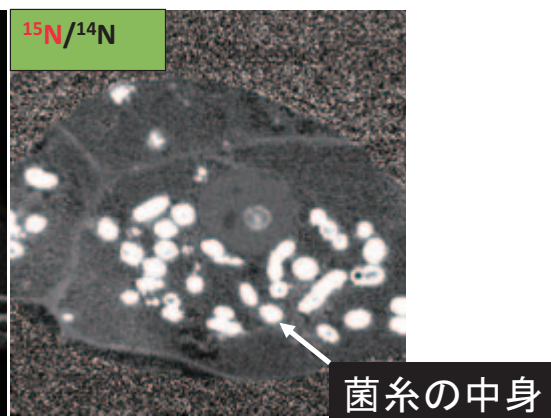
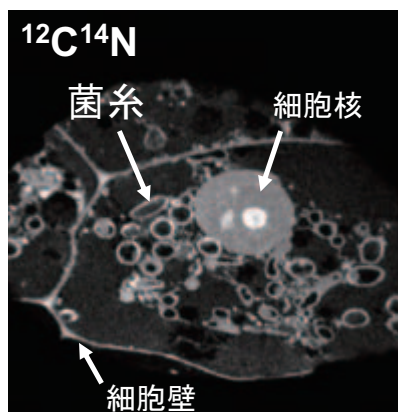
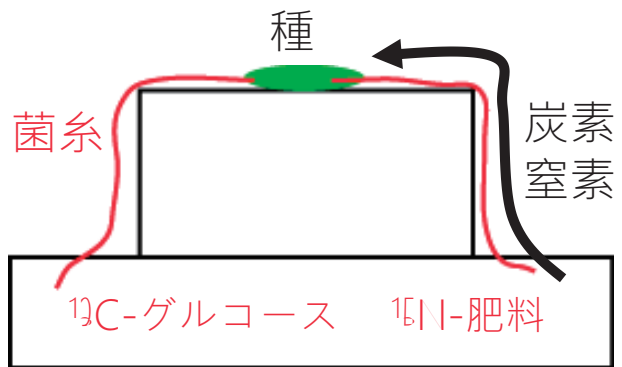
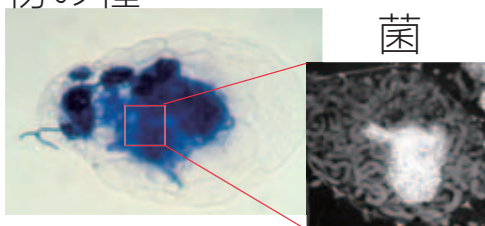
天然
⁴⁰Ca : 97%
⁴⁴Ca : 2%



植物と菌との共生

広島大学 久我先生
Kuga et al., 2014

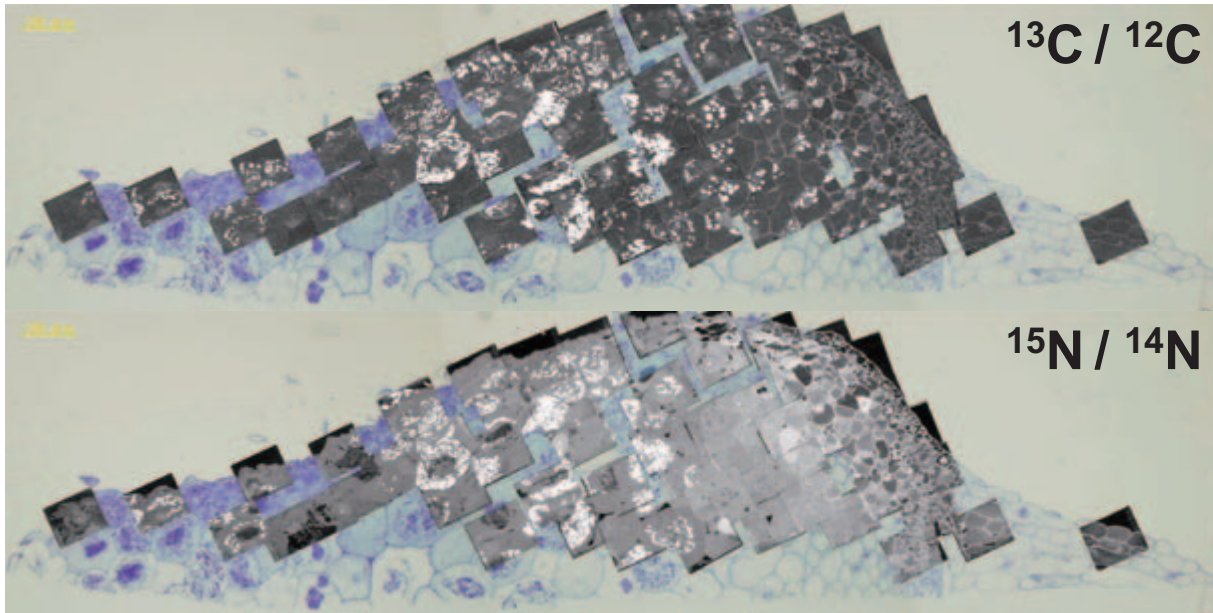
植物の種



植物と菌との共生

広島大学 久我先生

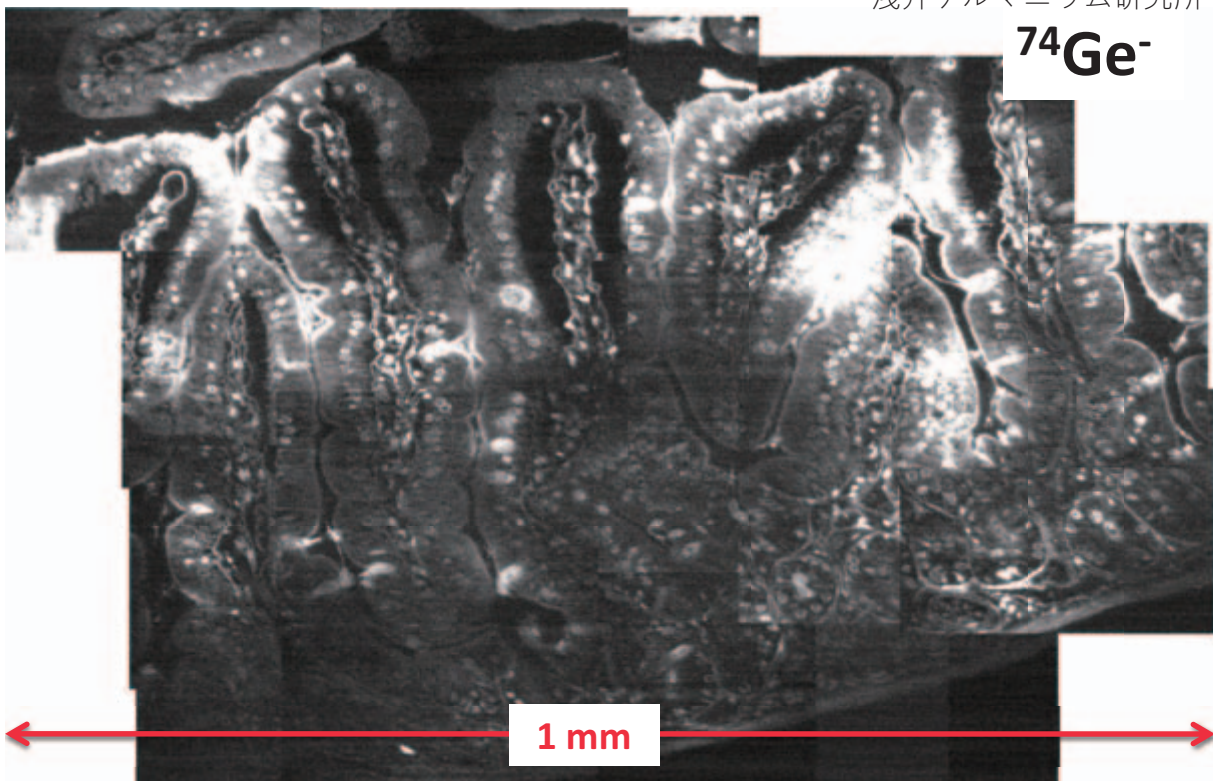
Kuga et al., 2014



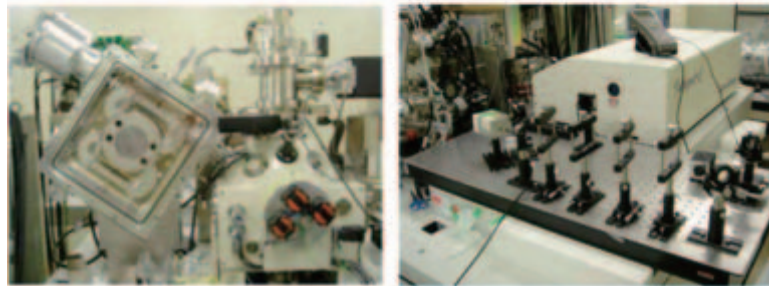
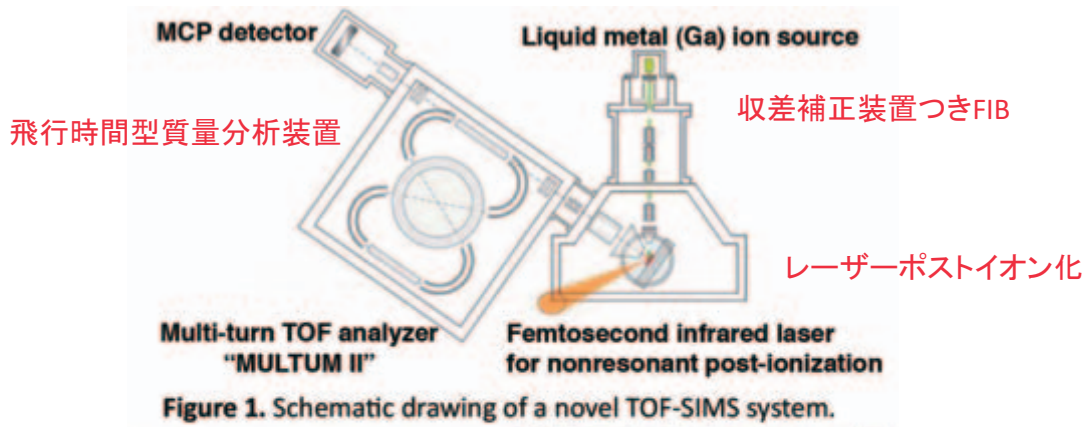
成長方向

小腸での吸収

浅井ゲルマニウム研究所

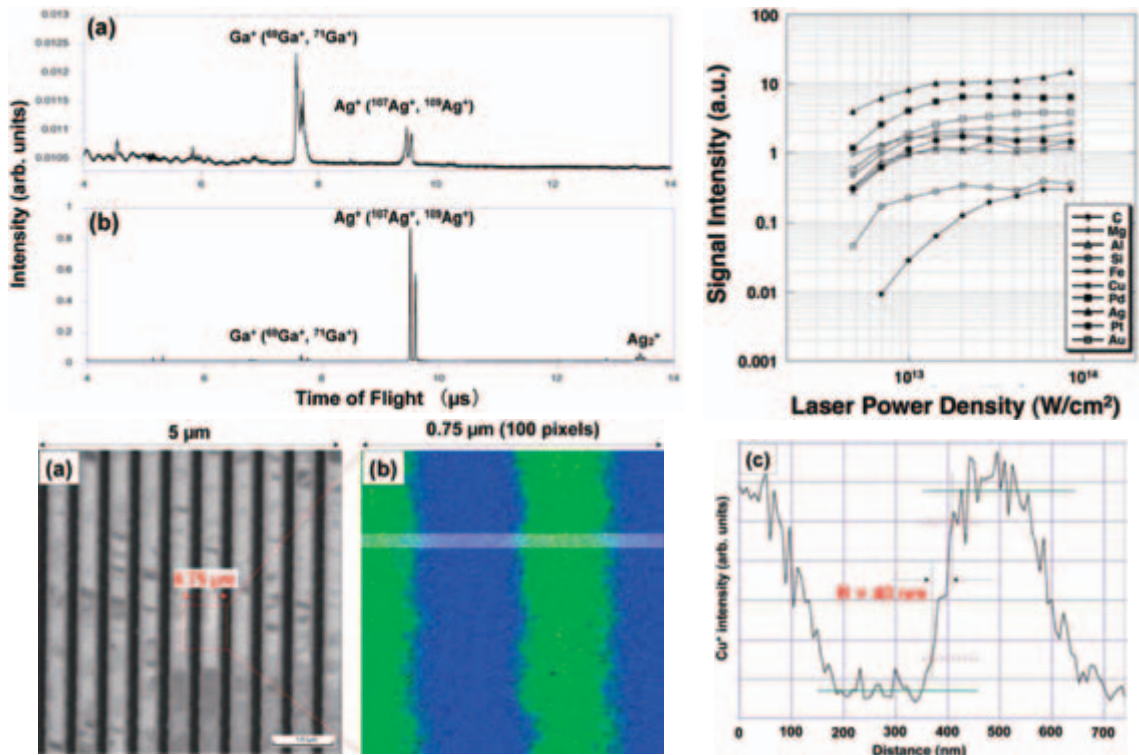


LIMAS



(Ebata *et al.*, ASMS2010)

LIMAS

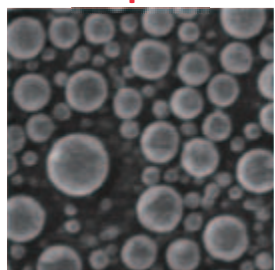


(Ebata *et al.*, ASMS2010)

走査型 + 投影型



← 1 μ m →



← 1 mm →

