資料３

火山・地熱活動に関する研究

― H21年度の研究成果 ―

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

地層処分研究開発部門

火山・地熱活動に関する研究
（第1期中期計画期間における実施項目）

1. 地下深部のマグマ・高温流体等の調査技術
- ・MT法による深部比抵抗構造の調査技術の高度化
- ・地球物理・地球化学的アプローチによるマグマ・高温流体の調査技術

2. 第四紀の火山・地熱活動等の調査技術
- ・テフロクロノロジーによる編年技術
- ・放射年代測定による編年技術（^{14}C, ^{10}Be, (U-Th)/He, K-Ar年代測定法）

3. 火山活動の長期予測モデルの開発
- ・ベイズ法による地球物理データを考慮した火山発生の確率モデルの開発

4. 熱水活動の影響評価モデルの開発
- ・magma2002による火山下の温度・地下水理のシミュレーション技術

5. 構造運動による熱水活動に関する基盤研究
- ・非火山地帯の熱水活動のメカニズムの解明
- ・熱年代学的アプローチによる非火山地帯の熱水活動の熱履歴解析

2. 第四紀の火山・地熱活動等の調査技術

放射年代測定による編年技術（^{14}C, ^{10}Be, (U-Th)/He, K-Ar年代測定法）

【平成21年度実施内容】

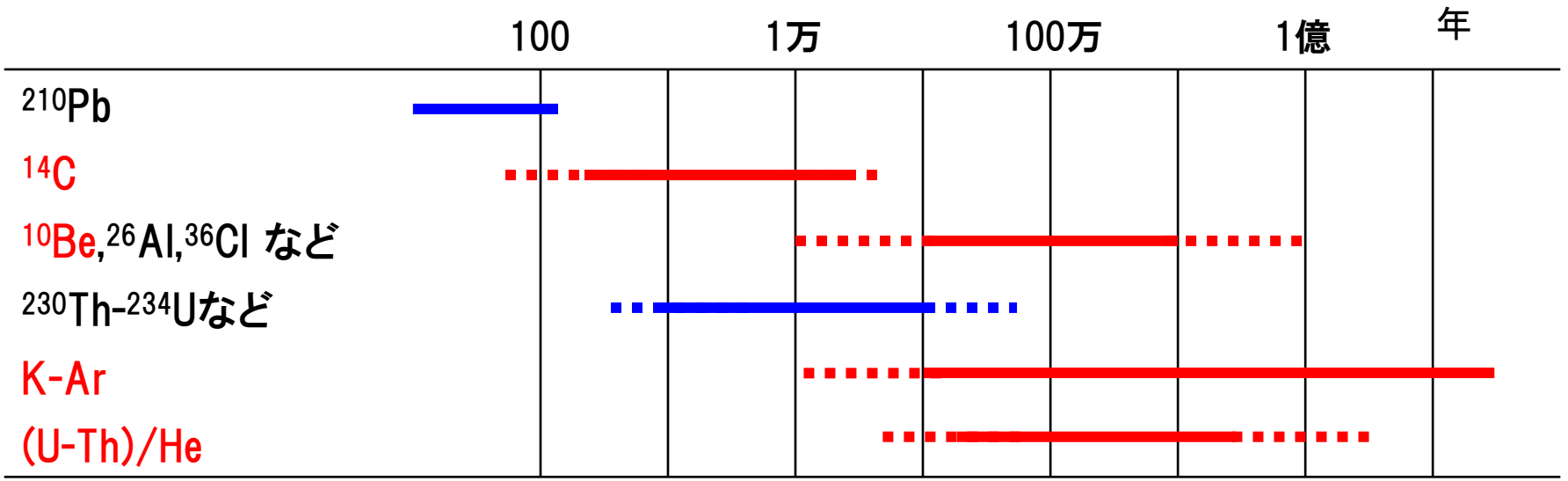
実施項目

- 加速器質量分析計を用いた^{14}C, ^{10}Be年代測定法の開発
- (U-Th)/He年代測定法の開発
- K-Ar年代測定システムの開発

概要

・過去～現在のイベントに関わる記録を高い分解能で得るための編年技術が必要
・国内に測定システムが構築されていない(U-Th)/He年代測定法の開発
→加速器質量分析計を用いた^{14}C年代測定法の改良，^{10}Be年代測定法の開発
→ (U-Th)/He年代測定システムの有効性を確認
→希ガス質量分析計によるK-Ar年代測定法の開発

放射年代測定による編年技術



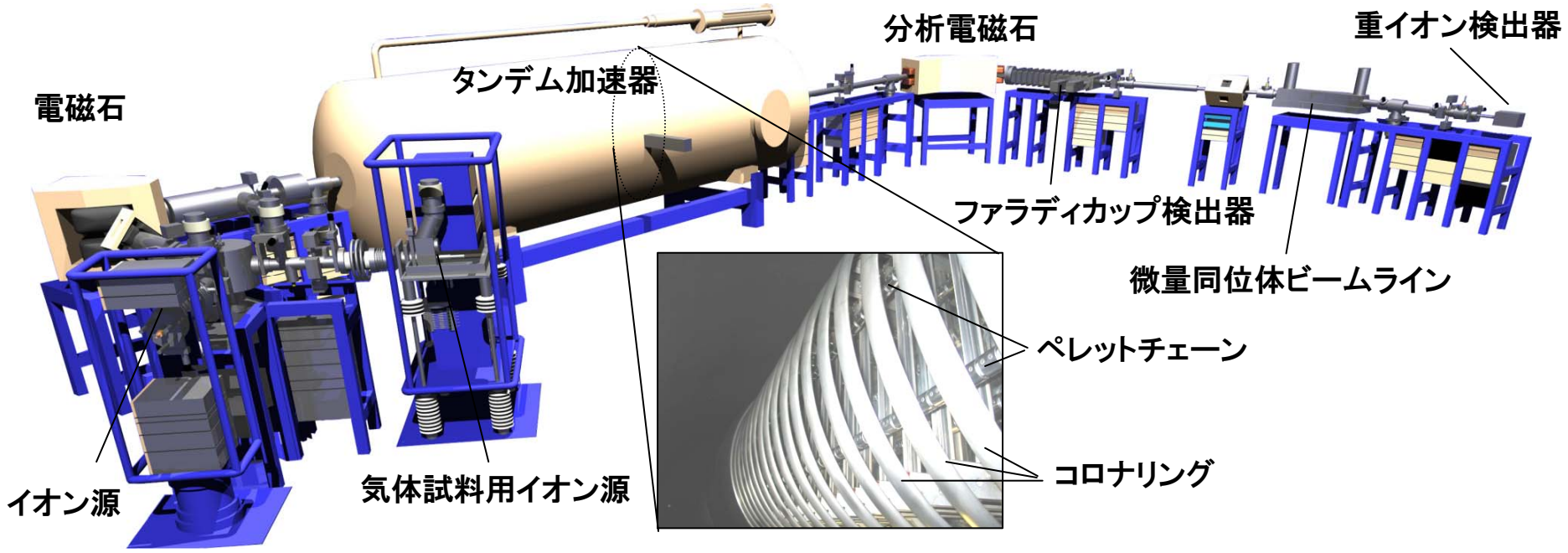
放射年代測定法の適用年代範囲

● 「地質環境の長期安定性に関する研究」では，過去～現在の自然現象の活動した時期やその変動の傾向・速度を精度良く把握することが必要

→そのような年代の試料を短時間・微量で測定するために，加速器質量分析計等を用いた年代測定技術を開発する

放射年代測定による編年技術

加速器質量分析計を用いた^{14}C, ^{10}Be年代測定法の開発

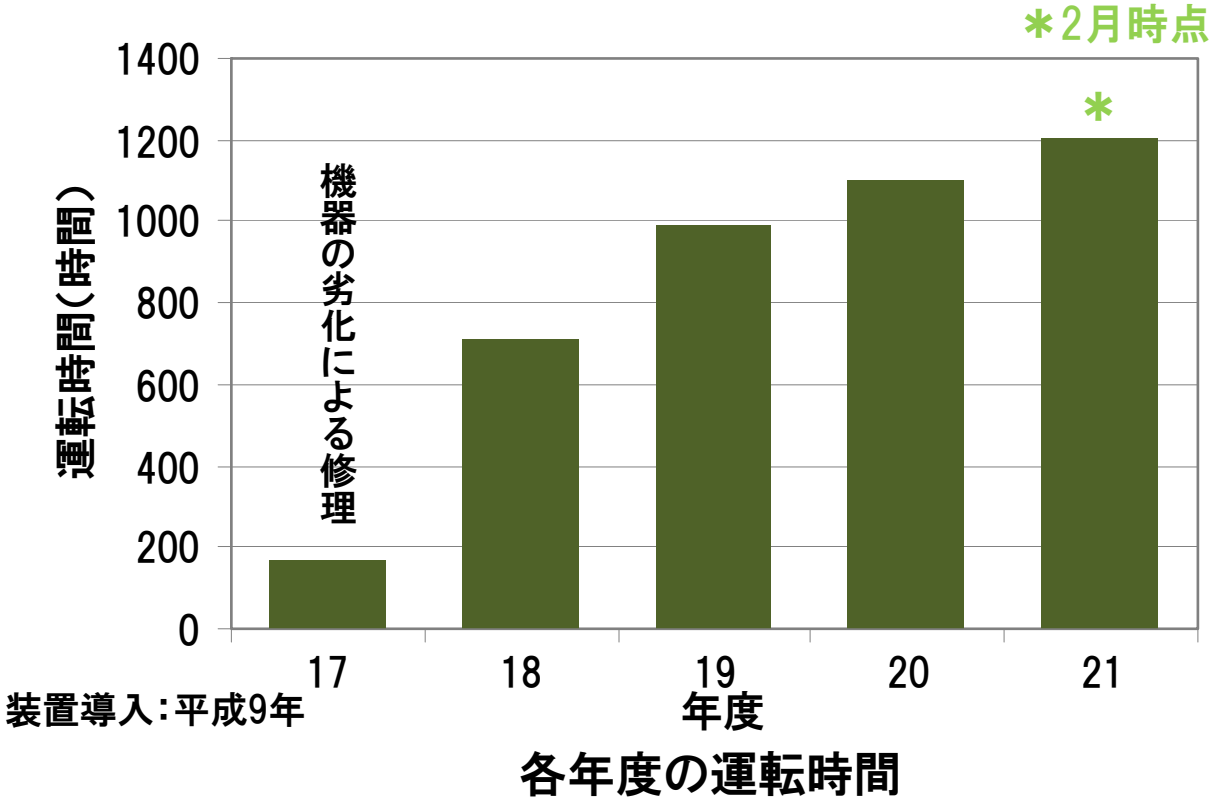


加速器質量分析計(通称:ペレトロン年代測定装置)

- ^{14}C:実試料分析のルーチン化確立:測定精度の向上を目指した装置, 試料調整法の改良
- ^{10}Be:標準試料を用いたビームの調整

放射年代測定による編年技術

加速器質量分析計を用いた^{14}C, ^{10}Be年代測定法の開発



装置導入：平成9年

各年度の運転時間

外部依頼分析件数

年度	件数
18	107
19	140
20	125
21	250*

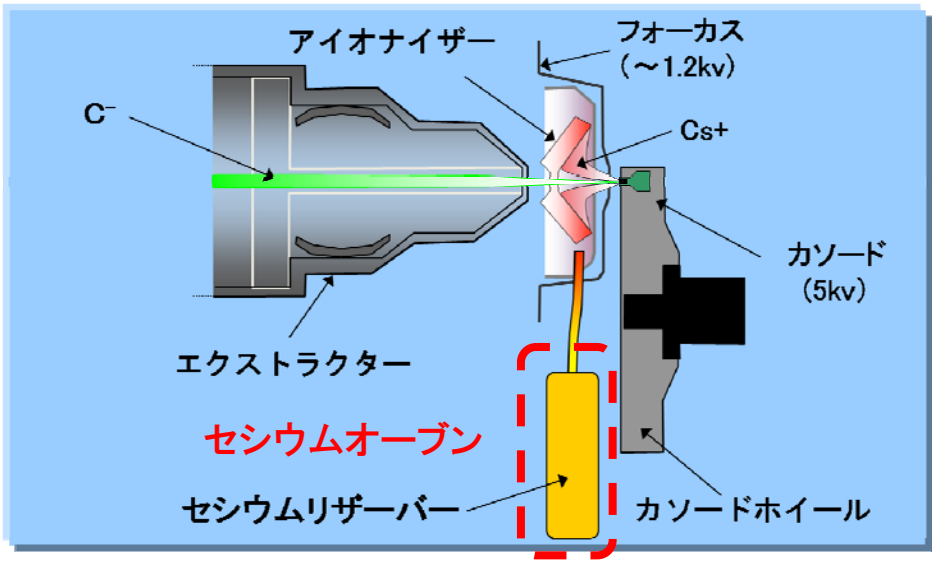
*:見込み

- 運転時間は順調に増加→火山・地熱活動を含む複数研究分野へ利用
  火山噴火・古地震・地下水年代，地形発達・断層形成過程，古地形・古環境解析等
- 平成18年度後期より外部からの依頼分析も実施
  依頼元：国立歴史民俗学博物館，名古屋大，福岡大，富山大，大阪市立大等

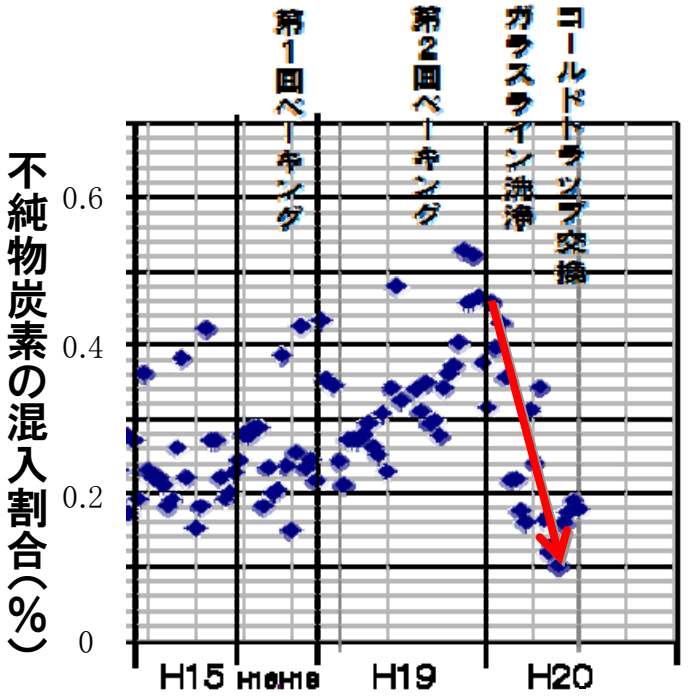
放射年代測定による編年技術

加速器質量分析計を用いた^{14}C, ^{10}Be年代測定法の開発

^{14}C年代測定法の開発



温度変動(40時間):
約±3℃→±0.5℃に改善



不純物炭素混入割合の経年変化

●試料のイオン化を制御するセシウムオーブン自動温度制御システムを構築

→イオンビームの安定化による測定精度の向上

●ガラスラインの洗浄及びコールドトラップの交換

→バックグラウンドの低減による測定限界の向上

放射年代測定による編年技術

(U-Th)/He年代測定法の開発

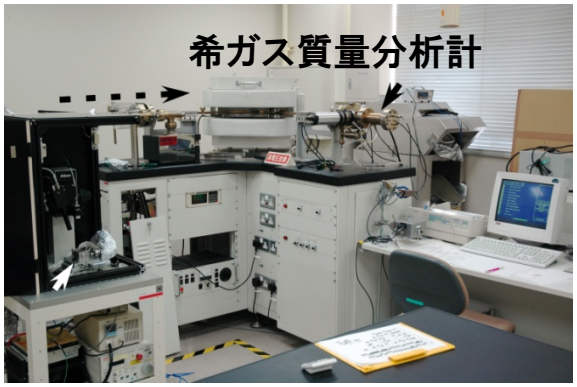
・アパタイト，ジルコン等（単）粒子

・結晶が損なわれない程度の弱い加熱により脱ガス

・結晶は完全に溶解

試料採取 → 鉱物分離 → He定量 → U,Th定量 → 年代算出

選別したジルコンを白金パケットに封入



弱い加熱で脱ガスのみ行い，He定量

融剤を用いてジルコンを分解

(U-Th)/He年代測定の流れと分析装置

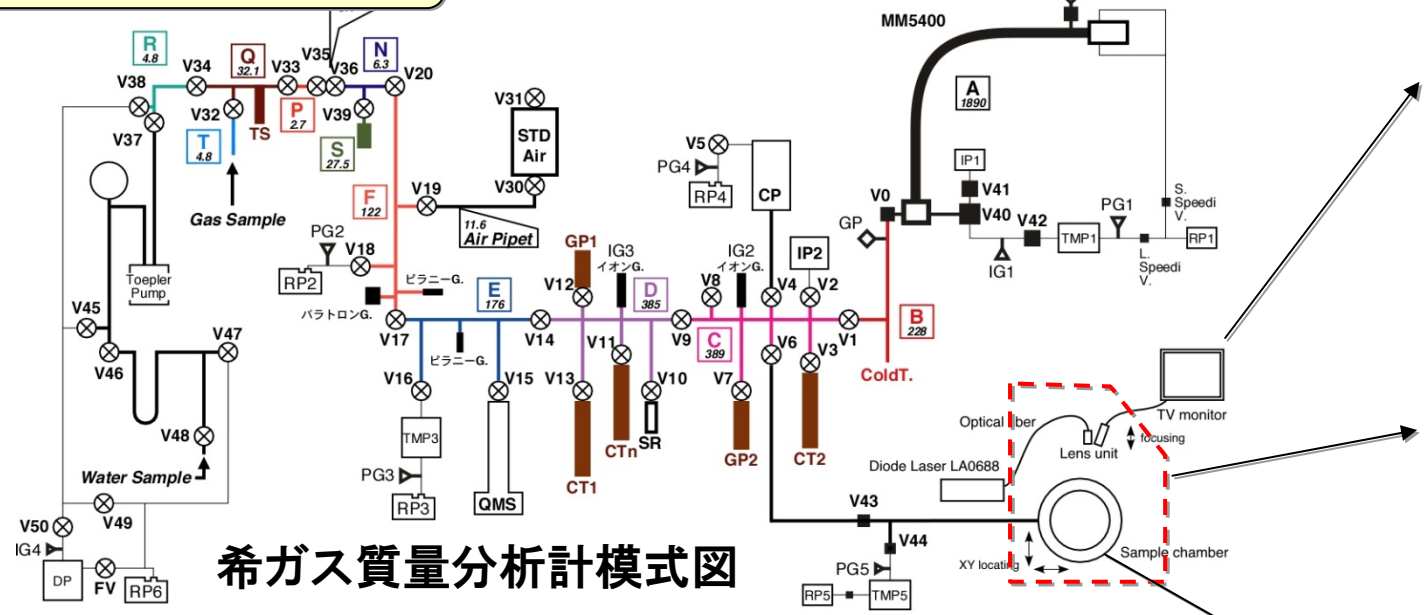
● (U-Th)/He年代測定システムを構築
He定量：希ガス質量分析計
U, Th定量：誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)

U,Th定量

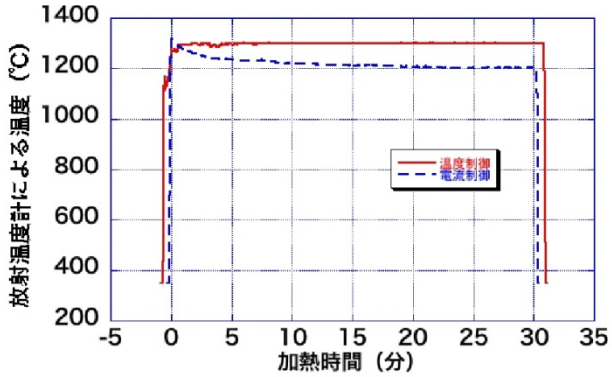
放射年代測定による編年技術

(U-Th)/He年代測定法の開発

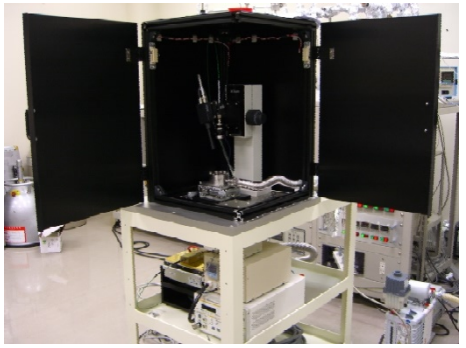
He定量法の開発

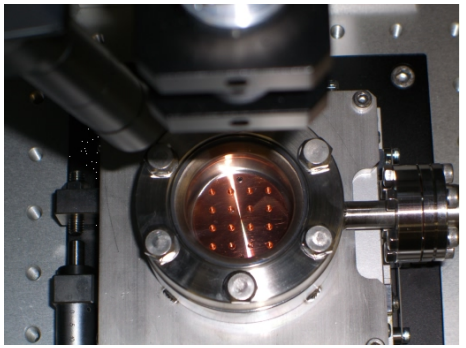


希ガス質量分析計模式図



脱ガス温度安定性



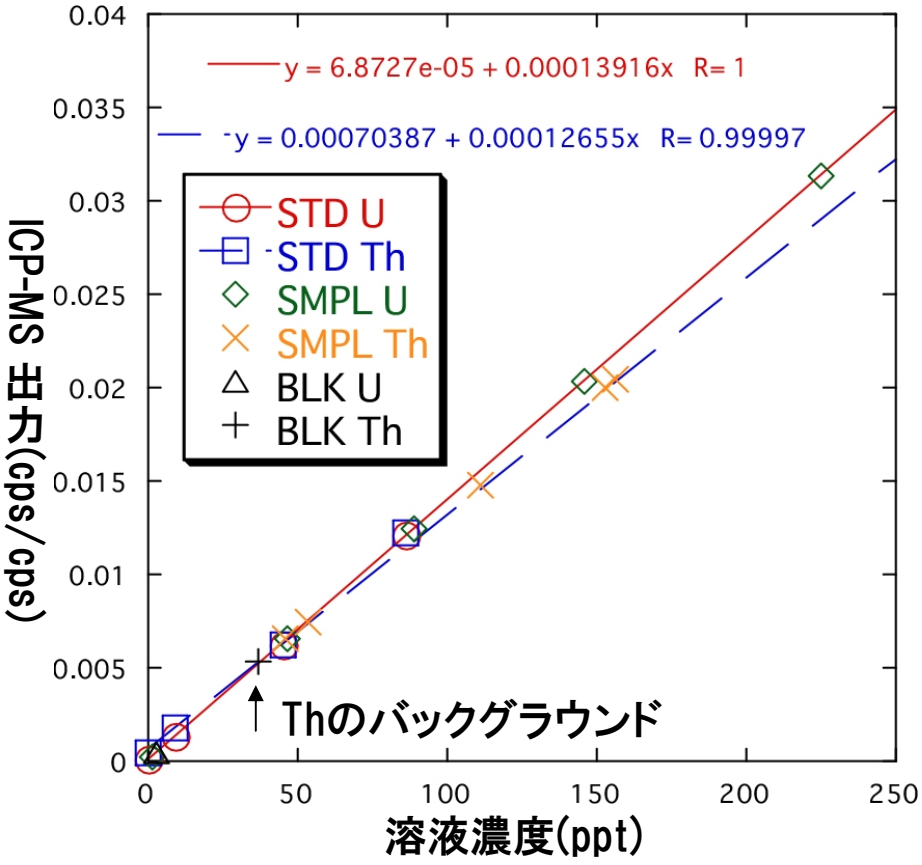


He抽出装置

放射年代測定による編年技術

(U-Th)/He年代測定法の開発

U,Th定量法の開発



● 融剤($LiBO_4$)由来のThのバックグラウンドは無視できない

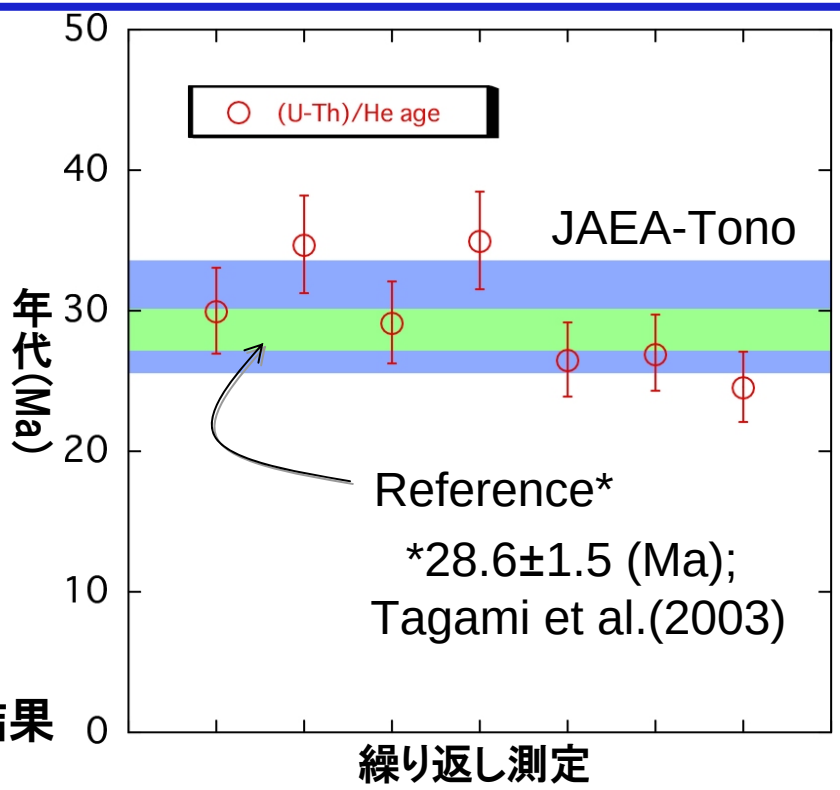
→溶融法の改善により，微少Thの定量に成功

放射年代測定による編年技術

(U-Th)/He年代測定法の開発

FCT-Tono1	30.0
FCT-Tono2	34.7
FCT-Tono3	29.2
FCT-Tono4	35.0
FCT-Tono5	26.5
FCT-Tono6	27.0
FCT-Tono7	24.6
Average (Ma)	29.6
Standard deviation	4.0

年代標準試料(ジルコン)測定結果



Fish Canyon Tuff (FCT):
国際的に年代標準試料として広く利用される凝灰岩。U-Pb法，K-Ar法，Ar/Ar法，フィッショントラック法等で年代測定が行われている。

● 年代標準試料の測定値と参照値が良く一致

→ジルコンの(U-Th)/He年代測定システムの有効性を確認
→今後はより低い温度領域に対して有効なアパタイトの年代測定技術の構築を目指すとともに，測定精度の向上を目指す

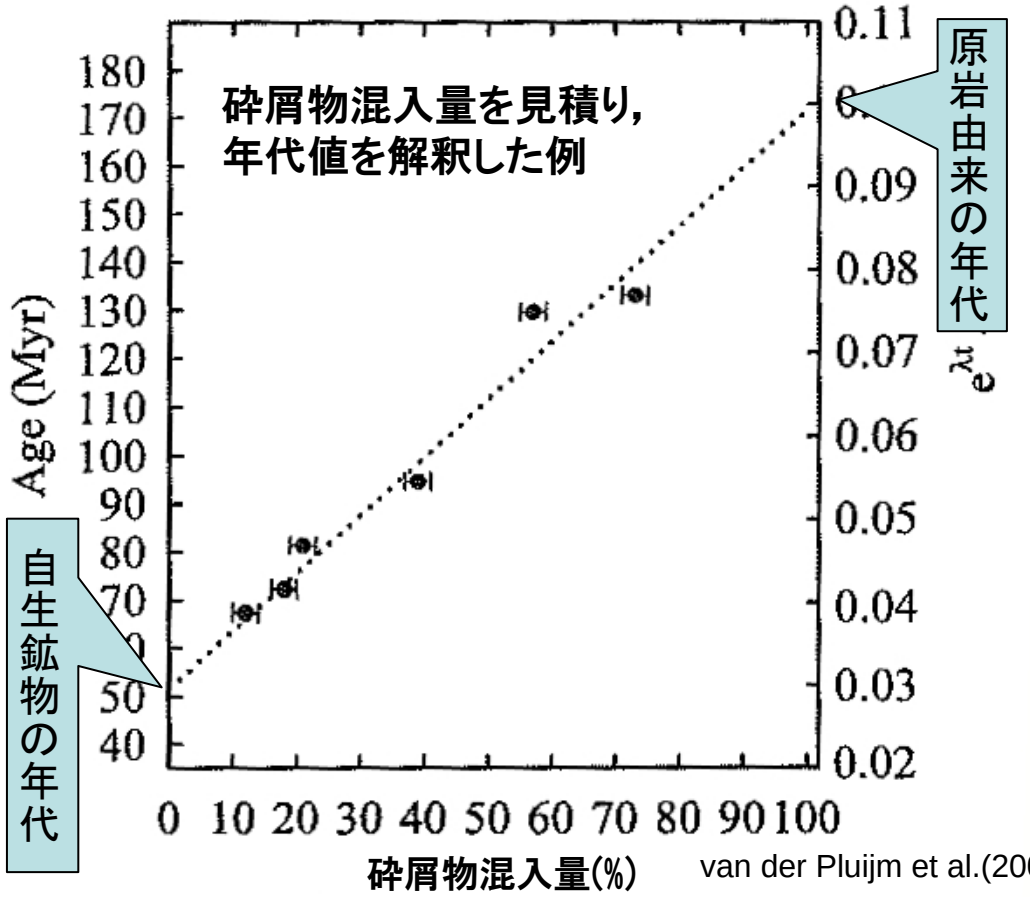
放射年代測定による編年技術

K-Ar年代測定システムの開発

高速遠心機(50ml×6本用ローター使用時)

回転数(max.)	21,000 rpm
相対遠心加速度(max.)	41,415

0.01μmサイズまで分離可能



van der Pluijm et al.(2001)

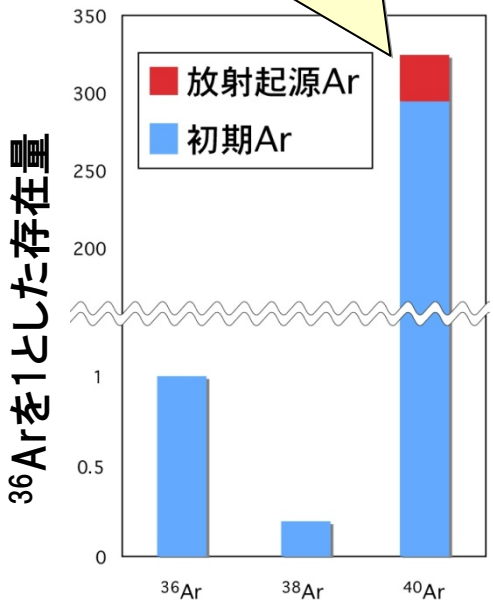
● 原岩由来の砕屑性粘土鉱物の混入による年代の過大評価の可能性

→高速遠心機により微細な鉱物を高純度で分離

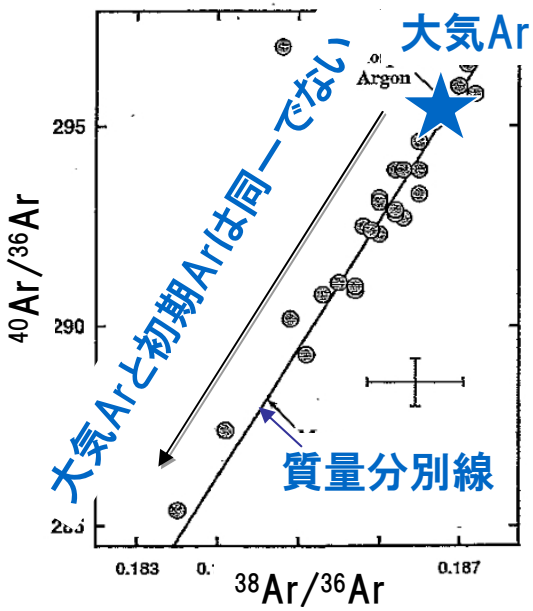
放射年代測定による編年技術

K-Ar年代測定システムの開発

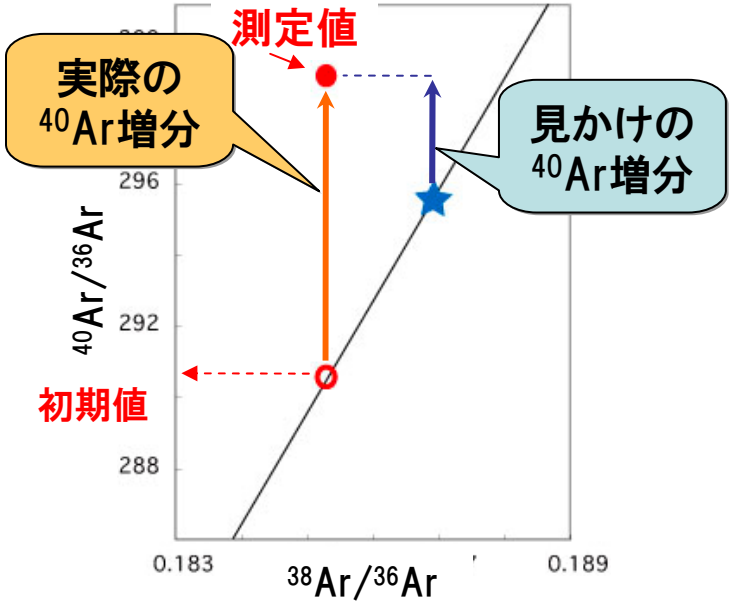
若い試料ほど放射起源^{40}Ar蓄積量が少なく，初期Ar混入率が高い．



試料中のAr同位体組成



現世試料中のAr同位体比
＝地質試料中の初期Ar

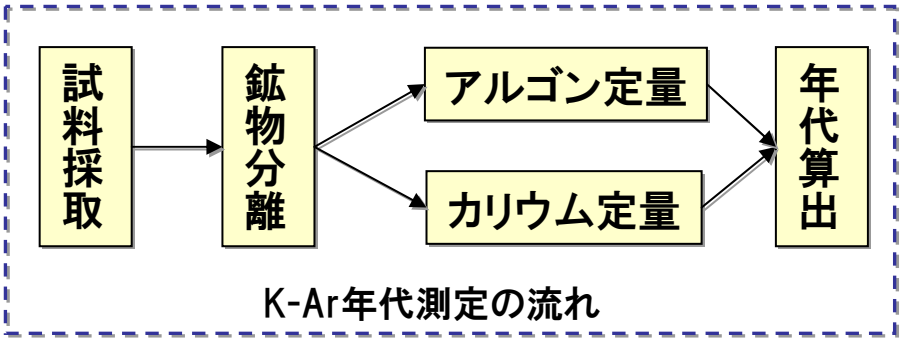


試料中のAr同位体比

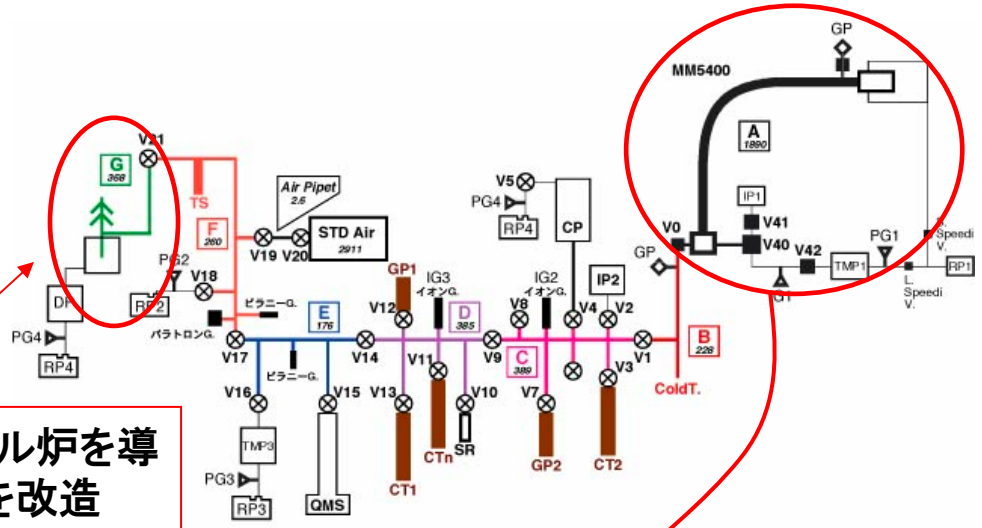
- 同位体希釈法：既知量の^{38}Arを添加し，同位体比を測定
  →高精度で定量可能だが試料中の^{38}Arは定量不能．初期Arの同位体比は大気と同一と仮定
- 感度法：質量分析計の感度を別途決定し，試料中の全Ar同位体を定量
  →精度に劣るが，放射起源^{40}Arに乏しい試料を正確に年代測定可能

放射年代測定による編年技術

K-Ar年代測定システムの開発

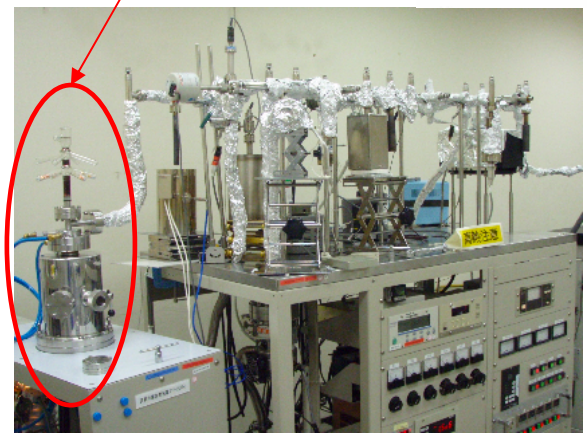


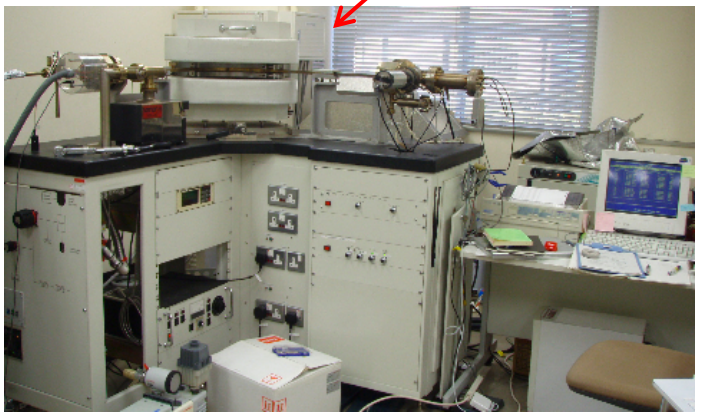
K-Ar年代測定の流れ



Ar抽出のためのタンタル炉を導入，前処理ラインを改造

K定量：炎光光度計

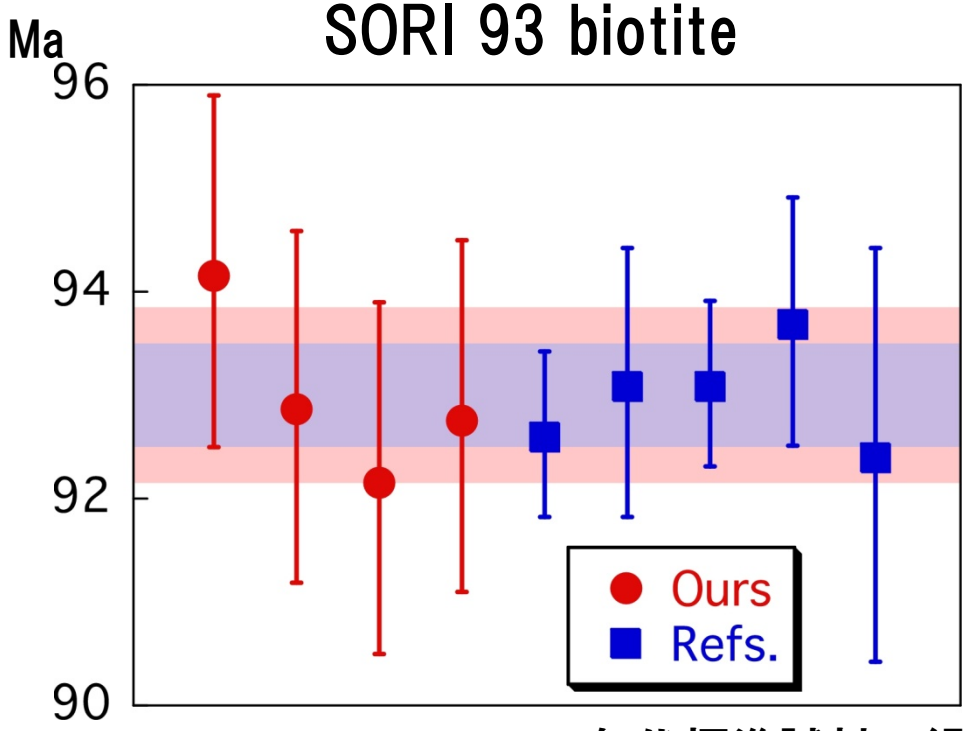




Ar定量：希ガス質量分析計

放射年代測定による編年技術

K-Ar年代測定システムの開発



	K-Ar age (Ma±1σ)
	94.2 ±1.7
	92.9 ±1.7
	92.2 ±1.7
	92.8 ±1.7
平均：	93.0 ±0.8
参考値：	*93.0 ±0.5**

* (Sudo et al., 1998)

年代標準試料の繰り返し測定結果

SORI93 biotite:
群馬県に分布する沢入花崗閃緑岩から分離した黒雲母で，K-Ar年代測定に利用される標準試料。

●炎光光度計および希ガス質量分析計によるK-Ar年代測定システムを構築

→年代標準試料の測定により，世界トップレベルの精度を有することを確認
→断層帯試料測定のため，粘土鉱物の年代測定に向けた開発が必要

火山・地熱活動に関する研究（まとめ）

2. 第四紀の火山・地熱活動等の調査技術

放射年代測定による編年技術（^{14}C, ^{10}Be, (U-Th)/He, K-Ar年代測定法）

・加速器質量分析計を用いた^{14}C年代測定システムを改良
→^{14}C年代測定法の測定精度・測定限界向上を確認

・(U-Th)/He年代測定システムを構築
→年代標準試料の測定によりシステムの有効性を確認

・炎光光度計および希ガス質量分析計によるK-Ar年代測定システムを構築
→年代標準試料の測定により，世界トップレベルの精度を有することを確認