

地質環境の長期安定性に関する研究

年代測定技術の開発

－ 第2期中期計画における研究開発の現状と今後の予定 －

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

地質環境の長期安定性に関する研究(第2期中期計画)

①調査技術の開発・体系化

過去の自然現象の記録や現在の状況を調査するための体系的な技術の整備

⇒ サイトの選定や安全性の検討に必要なデータの取得

② 長期予測・影響評価モデルの開発

将来の自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価するための手法の整備

⇒ 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

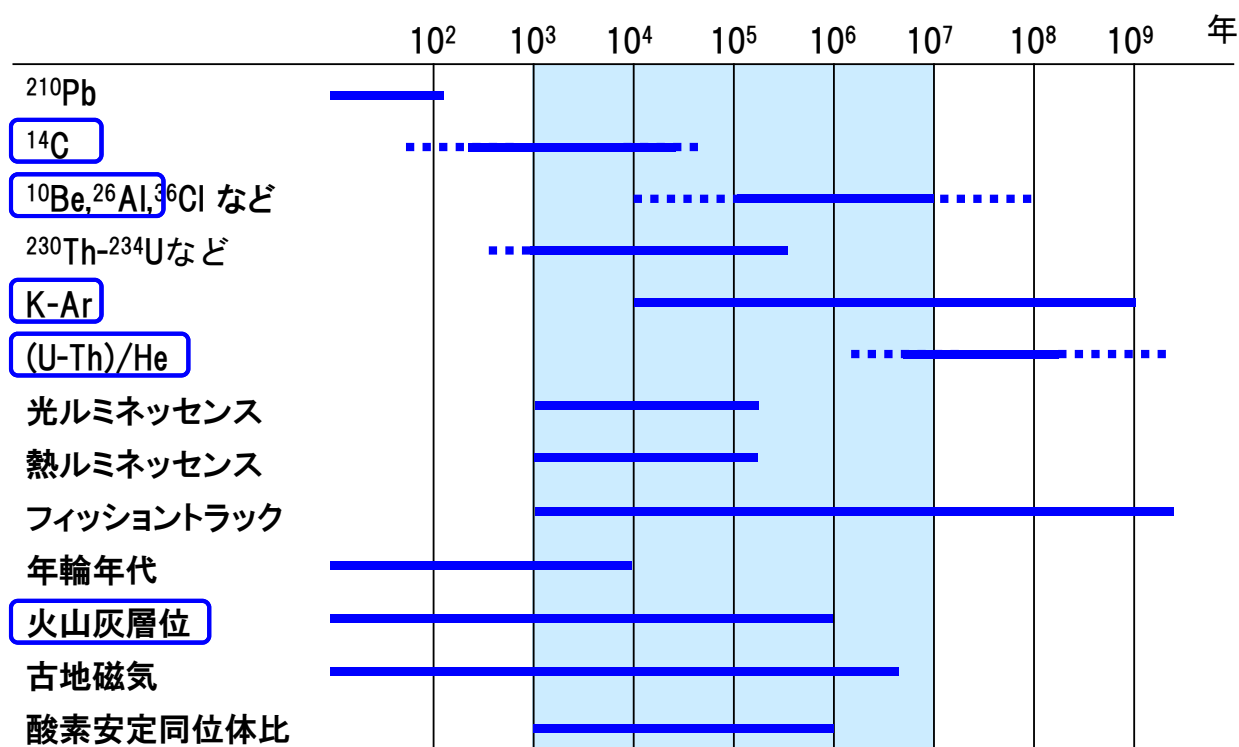
③ 年代測定技術の開発

最先端の機器分析装置を用いた放射年代測定技術を含めた編年技術の高度化

⇒ ①、②の信頼性の向上するための技術基盤

（データの品質・解釈等の妥当性を評価するための技術的能力の蓄積）

年代測定の方法と年代対象範囲



3. 年代測定技術の開発

3-1 加速器質量分析装置を用いた宇宙線生成核種年代測定法

^{10}Be の定量法を確立し、 ^{10}Be 年代測定法を実用化

3-2 四重極型質量分析計などを用いた (U-Th) / He年代測定法

U, Th及びHeを定量する技術を整備し、
(U-Th) / He年代測定法を実用化

3-3 希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法

感度法によるK-Ar 年代測定法を実用化
極細粒な自生雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術を整備

3-4 高分解能のテフラ同定手法

メルトインクルージョンの化学組成によってテフラを同定する手法を開発

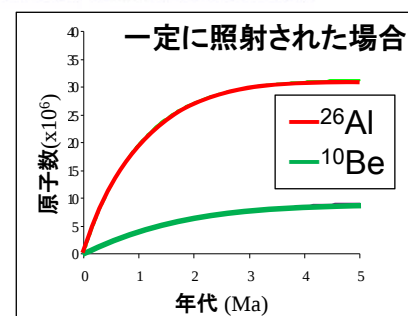
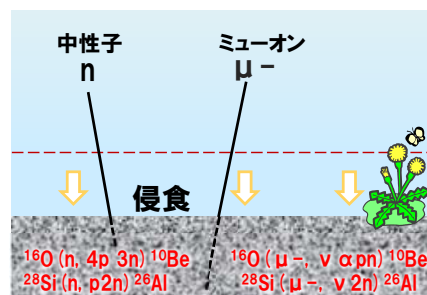
3-1 加速器質量分析装置を用いた宇宙線生成核種年代測定法

【目 標】

東濃地科学センターで保有しているタンデム型加速器質量分析装置を用いて ^{10}Be の定量法を確立し、 ^{10}Be 年代測定法の実用化を図る。

【実施項目】

- ① ^{10}Be の定量法の確立
 - 加速器質量分析装置による ^{10}Be 測定の検討
 - ^{10}Be 測定用試料調製の検討
- ② ^{10}Be 年代測定法の実用化
 - 測定実績の積み上げ
 - 「内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術」で利用



3-1 加速器質量分析装置を用いた宇宙線生成核種年代測定法

^{10}Be の定量法の確立

試料調製法

- ① 岩石の溶解(全岩、石英)
- ② Beの分離
(陰イオン交換→陽イオン交換)
- ③ Be酸化物への調製
- ④ カソードへの充填



測定条件

	C	Be
試料	C+Fe	BeO+Nb
負イオン	C^-	BeO^-
加速器 入射方法	逐次入射 ^{12}C : 0.3 ms ^{13}C : 0.9 ms ^{14}C : 98.6 ms	同時入射 $^9\text{Be}^{17}\text{O}$, $^{10}\text{Be}^{16}\text{O}$
加速電圧	4.5 MV	4.8 MV
重イオン 検出器	ΔE 電離箱	ガスセル + ΔE 電離箱

- 試料調製法の選択および加速器質量分析装置でのBe同位体測定条件の設定完了

3-1 加速器質量分析装置を用いた宇宙線生成核種年代測定法

*1 代表的な値 *2 測定試料が異なる

施設	ターミナル 電圧 (MV)	電流(μA) ${}^9\text{Be}{}^{16}\text{O}^-$	測定 精度%*1	バックグラウンド ${}^{10}\text{Be}/{}^9\text{Be}$ *2
JAEA-AMS- TONO	4.8	1	1-3	$< 1 \times 10^{-14}$
東大 MALT [Matsuzaki,2007]	4.7	2	0.5-3	$< 1 \times 10^{-14}$
UK SUERC [Maden,2007]	4.5	3	2	0.3×10^{-14}

- 既存の施設に匹敵する測定性能を実現
- 長期間の測定品質の安定性を確認
- ⇒ 平成25年度よりルーチン測定開始(施設供用制度による外部利用も開始)

- 測定条件の最適化等による更なる測定結果の高品質化をめざす
- 「内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術」で利用
⇒ 侵食速度の推定に関する研究等への利用開始
- ${}^{26}\text{Al}$ 年代測定法の実用化

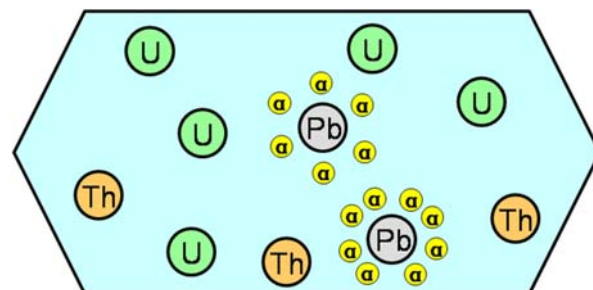
3-2 四重極型質量分析計などを用いた (U-Th) /He年代測定法

【目標】

U, Th及びHeを定量する技術を整備し、岩体の隆起・侵食速度の算出等が可能な閉鎖温度の低い放射年代測定法である(U-Th)/He年代測定法の実用化を図る。

【実施項目】

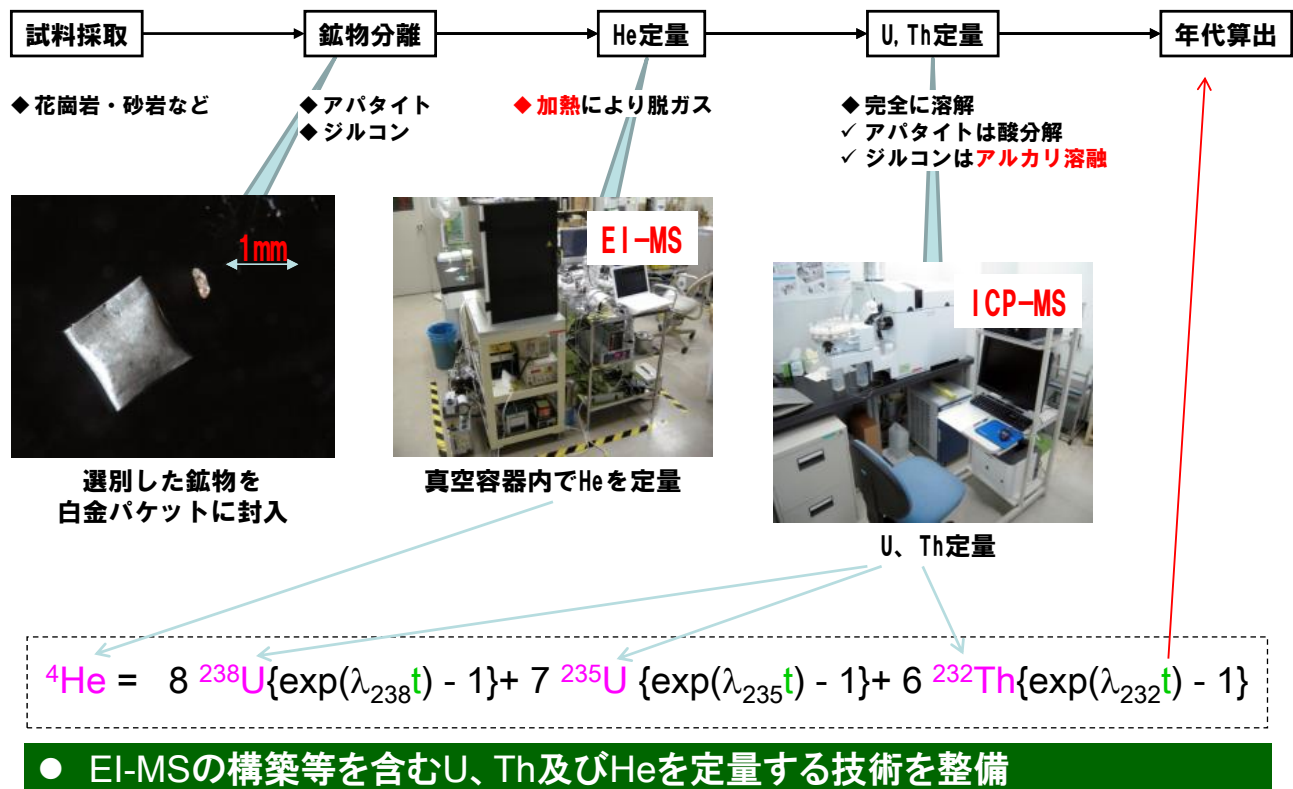
- ① U, Th及びHeを定量する技術を整備
 - He定量用EI-MSの構築
 - U、Th定量法の検討
- ② (U-Th)/He年代測定法を実用化
 - 断層の活動性研究において
手法の適用性を検討



鉱物粒子
(ジルコン、アパタイトなど)

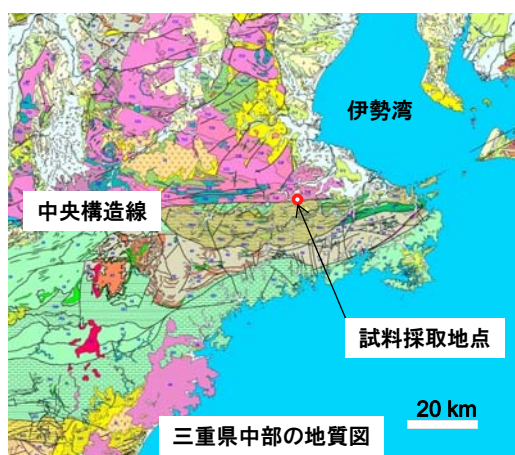
$${}^4\text{He} = 8 {}^{238}\text{U}\{\exp(\lambda_{238}t) - 1\} + 7 {}^{235}\text{U}\{\exp(\lambda_{235}t) - 1\} + 6 {}^{232}\text{Th}\{\exp(\lambda_{232}t) - 1\}$$

3-2四重極型質量分析計などを用いた (U-Th) /He年代測定法



3-2四重極型質量分析計などを用いた (U-Th) /He年代測定法

三重県多気地域領家花崗岩中のシュードタキライトの(U-Th)/He年代測定



産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2007）20万分の1日本シームレス地質図データベース 2007年5月12日版。産業技術総合研究所研究情報公開データベースDB084。産業技術総合研究所地質調査総合センター。



Yamada et al.,
2012

- 適用性確認
- ⇒ U、Th及びHeを定量する技術を整備し、(U-Th)/He年代測定法を実用化

- 分析法の改良による分析法の効率化、測定精度の向上をめざす
- 本年代測定法の適用性の検討

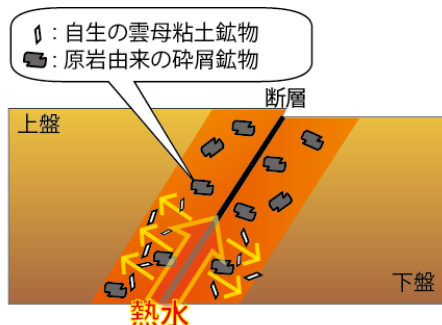
3-3希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法

【目 標】

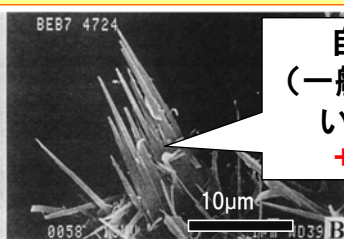
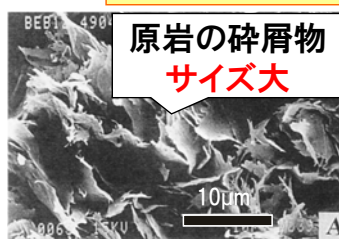
数万年～数百万年の正確な年代測定が可能な感度法によるK-Ar 年代測定法を実用化し、さらに極細粒な自生雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術を整備する。

【実施項目】

- ① 感度法によるK-Ar 年代測定法を実用化
→ 感度法によるAr測定の見直し
- ② 極細粒な自生雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術の整備
→ 極細粒な自生雲母粘土鉱物の分離法の検討
→ 感度法によるK-Ar 年代測定法と組み合わせた適用性の検討



極微細な自生鉱物のみの高純度分離



(Zwingmann et al., 1999)

3-3希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法

自生粘土鉱物のK-Ar年代測定



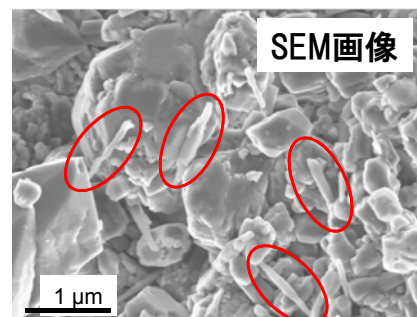
超低温循環型
恒温器



水簾法による分離



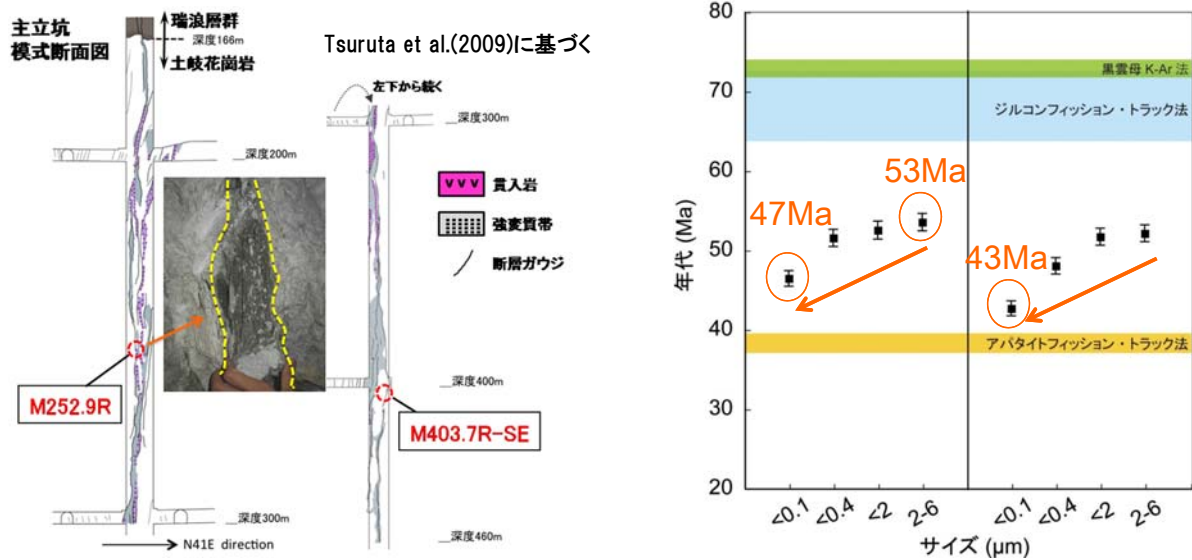
高速遠心分離機



- 感度法によるK-Ar 年代測定法を実用化
- 極細粒な自生雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術を整備

3-3 希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法

地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術開発のための適用性の検討
— 瑞浪超深地層研究所主立坑で得た断層試料の測定 —



● 手法の有効性を確認

- 分析法の改良による分析法の効率化、測定精度の向上をめざす
- 本年代測定法の適用性の検討
⇒ もんじゅ、有馬一高槻構造線等で検討実施

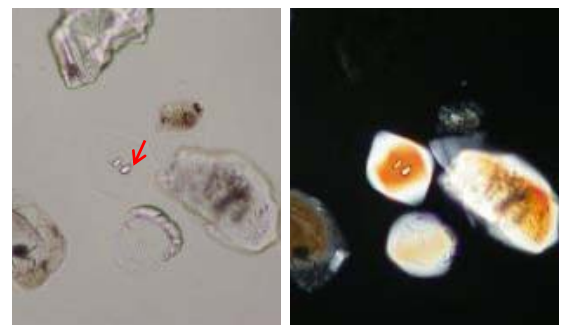
3-4 高分解能のテフラ同定手法

【目標】

鮮新世～中期更新世の編年技術を整備するため、火山ガラスが変質・風化・消失したテフラを対象に、鉱物に包有されるメルトインクルージョンを用いたテフラ同定手法を開発する。

【実施項目】

- ① メルトインクルージョンの測定手法の確立
→ 試料調整法、測定手法の検討
- ② メルトインクルージョンによるテフラの同定手法の確立
→ 広域テフラへの適用性の評価
→ より古いテフラ、ローカルテフラへの適用性の評価
→ 有効性の確認・問題点の抽出及び化学組成データの整備

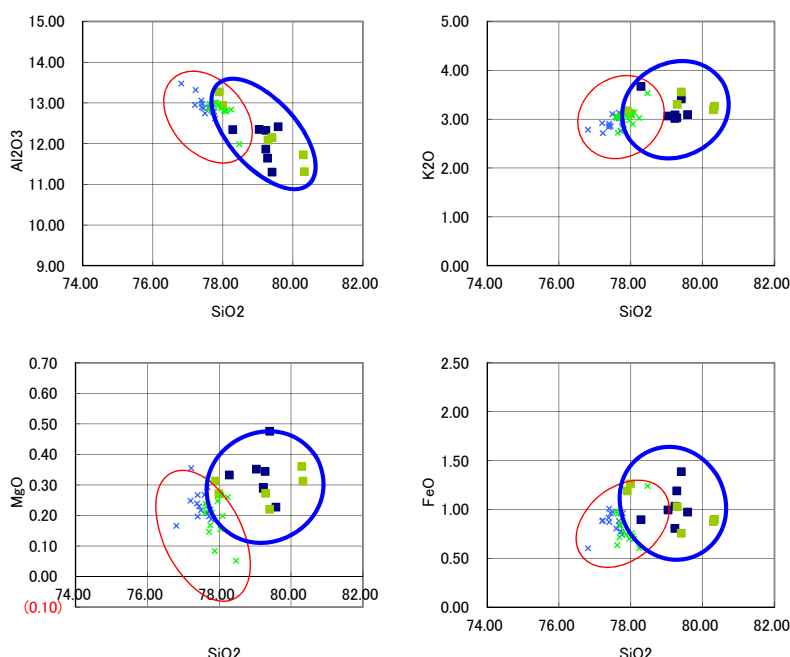


石英中のメルトインクルージョン ↓

3-4 高分解能のテフラ同定手法

給源が同じ三瓶浮布テフラと阪手テフラを用いたメルトインクルージョンによる
対比の有効性検討

- 三瓶浮布(メルトインクルージョン)
- × 三瓶浮布(火山ガラス)
- 阪手(メルトインクルージョン)
- × 阪手(火山ガラス)



長石中のメルトインクルージョンと
火山ガラスの
主成分分析結果の比較

- テフラ起源の斑晶鉱物に含まれるメルトインクルージョンの主成分化学組成が、広域テフラの対比に有効であることを確認。⇒より古いテフラなどでの事例研究の蓄積が必要

3-4 高分解能のテフラ同定手法

石英または長石に含まれるメルトインクルージョンによるテフラ対比の有効性検討

テフラ名 (噴出期)	○：有効性あり △：適用困難 -：未検討	
	石英中	長石中
三瓶浮布・坂手(20～21ka ^{*1})	-	○
AT(28～30ka ^{*1})	○	○
Ng1(290～300ka ^{*1})	○	○
Kkt(330～340ka ^{*1})	-	△
TE-5a(350ka ^{*1})	-	○
小林笠森(520～530ka ^{*1})	-	○
DKP(55ka ^{*1})	-	○
K-Tz(95ka ^{*1})	○	-
下門(570～580ka ^{*1})	○	○
光明池Ⅲ(MIS29～27 ^{*2,3})	○	○
ピンク(1020ka ^{*1})	-	○
イエローⅢ(MIS35 ^{*2,3})	○	○
イエローⅠ(1200ka ^{*1})	-	○
恵比須峠・福田・丹生川(1700ka ^{*1})	○	○
南谷Ⅰ(2700ka ^{*4})	○	○
太田・大谷・東郷(約4000ka ^{*5})	△	△

- 主に第四紀の代表的な広域テフラ中の火山ガラスおよび石英・長石に含まれるメルトインクルージョンの主成分分析を行い、その特徴を整理した。

⇒ 主成分化学組成の比較から同定が可能であると考えられるテフラが多く存在することが示された。

- 測定データを蓄積して検討を進めていくことで、鉱物中のガラス包有物を用いたテフラ同定の有効性を提示

※1 町田・新井(2003), ※2 吉川ほか(2000), ※3 吉川・三田村(1999),
※4 富田・黒川(1999), ※5 及川ほか(2005)

まとめと今後の予定

3-1 加速器質量分析装置を用いた宇宙線生成核種年代測定法

^{10}Be の定量法を確立し、 ^{10}Be 年代測定法を実用化

3-2 四重極型質量分析計などを用いた (U-Th) /He年代測定法

U, Th及びHeを定量する技術を整備し、
(U-Th) /He年代測定法を実用化

3-3 希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法

感度法によるK-Ar 年代測定法を実用化
極細粒な自生雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術を整備

3-4 高分解能のテフラ同定手法

メルトインクルージョンの化学組成によってテフラを同定する手法を
開発

今後の予定

各手法とも分析手法等の改良等により年代測定法の向上及び測定事例
等を増やし、適用性の検討を行っていく