

「地質環境の長期安定性に関する研究」 基本計画

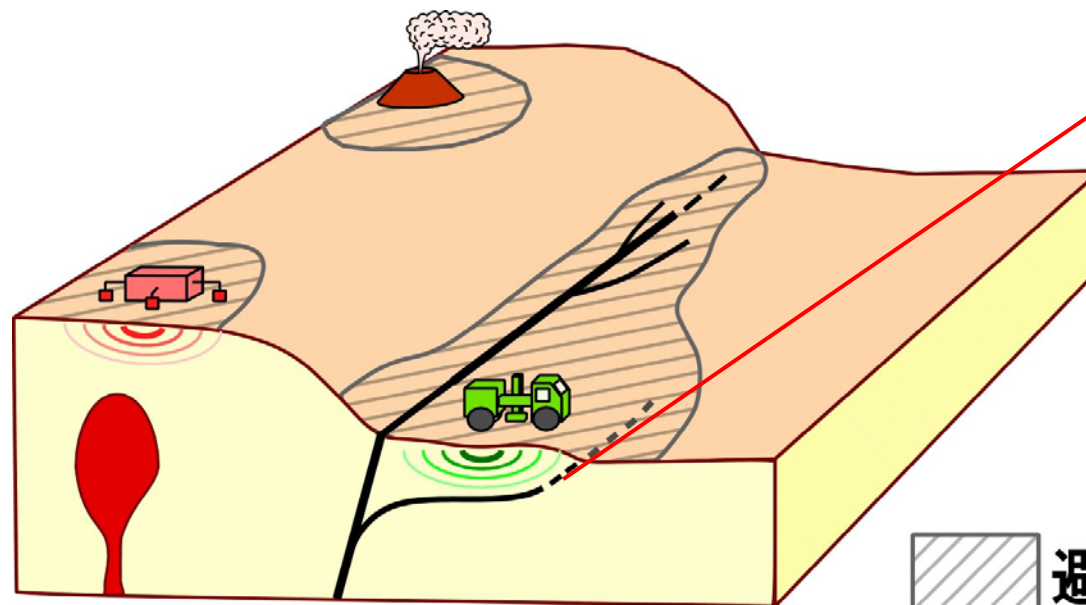
第2期中期計画(平成22年度～平成26年度)

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

急激かつ局所的な現象の取り扱い

概要調査等による震源断層，マグマ等の存否のほか，既存の断層の再活動や進展等の評価に基づき，裕度をもって避けるべき範囲を提示する(サイト選定)。したがって，安全評価上は，これらのシナリオを考慮しない。



地上からの調査段階で活断層の存在は明らかにされるが，さらなる信頼性を得るため，地下で遭遇した断層についてもその活動性を確認

 避けるべき範囲

概要調査等に基づくサイト選定のイメージ
(裕度をもって避けるべき範囲を提示)

急激かつ局所的な現象の取り扱い

【技術基盤が整備されている項目】

- 広域的な隆起量図等に基づく隆起・侵食量の推定
- 地球物理・化学的手法に基づく地下深部のマグマ・高温流体等の存否の確認

【技術基盤の強化が期待される項目】

➤ 変動地形の不明瞭な活断層の認定

【研究課題】

変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術

➤ 活断層の進展, 破砕帯の拡大範囲, 地質断層の再活動の可能性の評価

断層の発達段階の評価に係る調査技術

地質断層の再活動等に係るシミュレーション技術

➤ 地下深部の震源断層の存否の確認

地殻内の震源断層等に係る調査技術

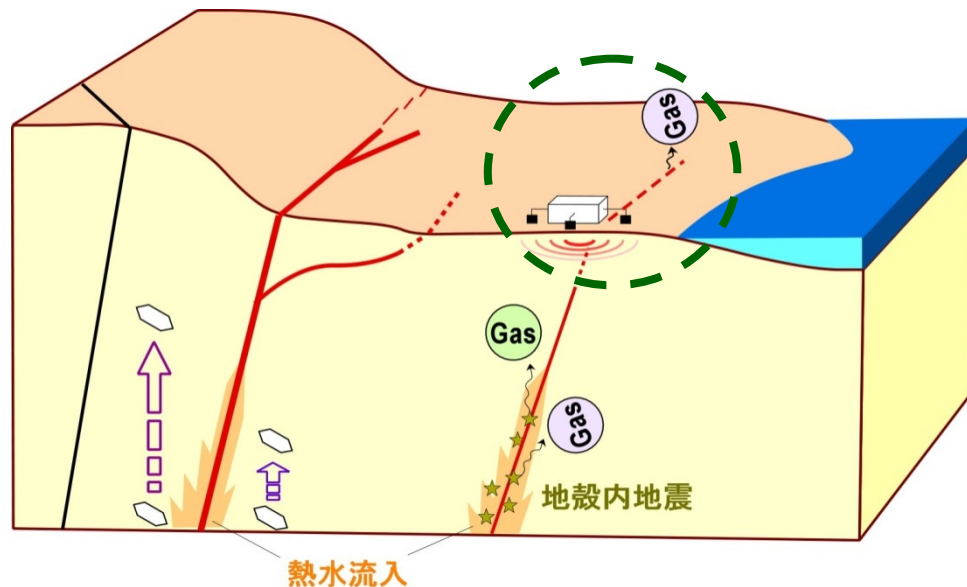
➤ ボーリング・坑道内で遭遇した断層の活動性の確認

地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術

変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術

【達成目標】

地表からの調査の段階において、変動地形が明瞭でない断層や伏在断層等の活断層の存在を確認するため、断層ガスの主成分・同位体組成等を指標とした調査技術を提示する。

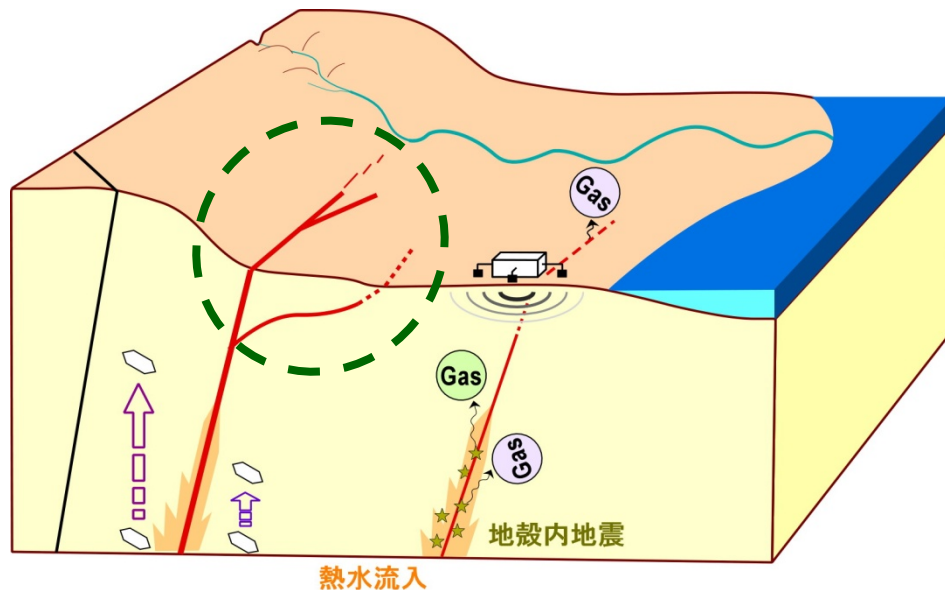


- ① 断層ガスの化学組成と断層の規模・タイプ等との比較・検討
- ② 地球化学的指標による調査技術の提示
- ③ 総合的な解析手法の構築

断層の発達段階の評価に係る調査技術

【達成目標】

サイト選定に際して、活断層からの離間距離を適切に設定するための判断根拠として、それぞれの断層の発達段階を明らかにするための調査・評価技術を提示する。

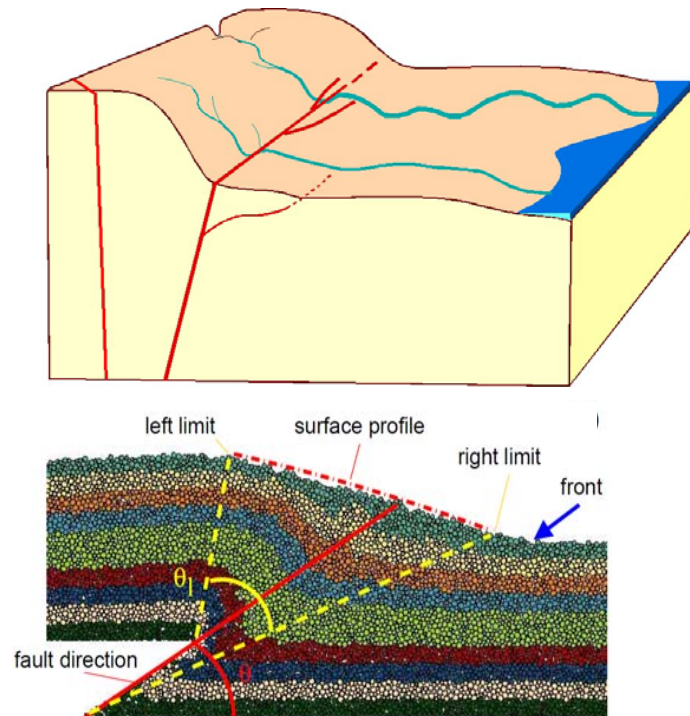


- ① 断層ごとに地形・地質データと地球物理データの比較・検討
- ② 断層の発達過程の概念モデルの提示(帰納的アプローチ)
- ③ 水素等の地球化学的指標の検討

地質断層の再活動等に係るシミュレーション技術

【達成目標】

サイト選定に際して、活断層からの離間距離を適切に設定するため、既存の断層の再活動や断層の成長に伴い主断層から派生する副断層の形成、破碎帯の拡大等の範囲を評価するためのシミュレーション技術を構築する。



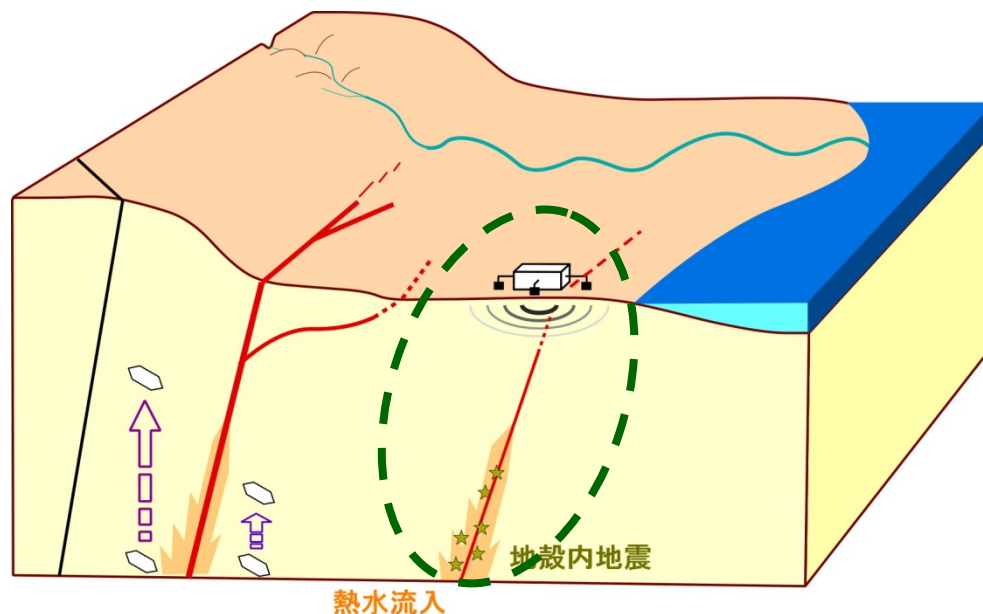
断層発達過程シミュレーションの例 (Renouf et al., 2006)

- ① 数値シミュレーションによる断層の再活動や分岐・進展等の範囲の評価（演繹的アプローチ）
- ② 地塊構造境界の設定

地殻内の震源断層等に係る調査技術

【達成目標】

サイト選定により断層運動による地層処分システムへの著しい影響を排除するため、地表からの調査の段階において、震源断層の存否やそれに関連する熱水の分布範囲等を確認するための調査技術を提示する。

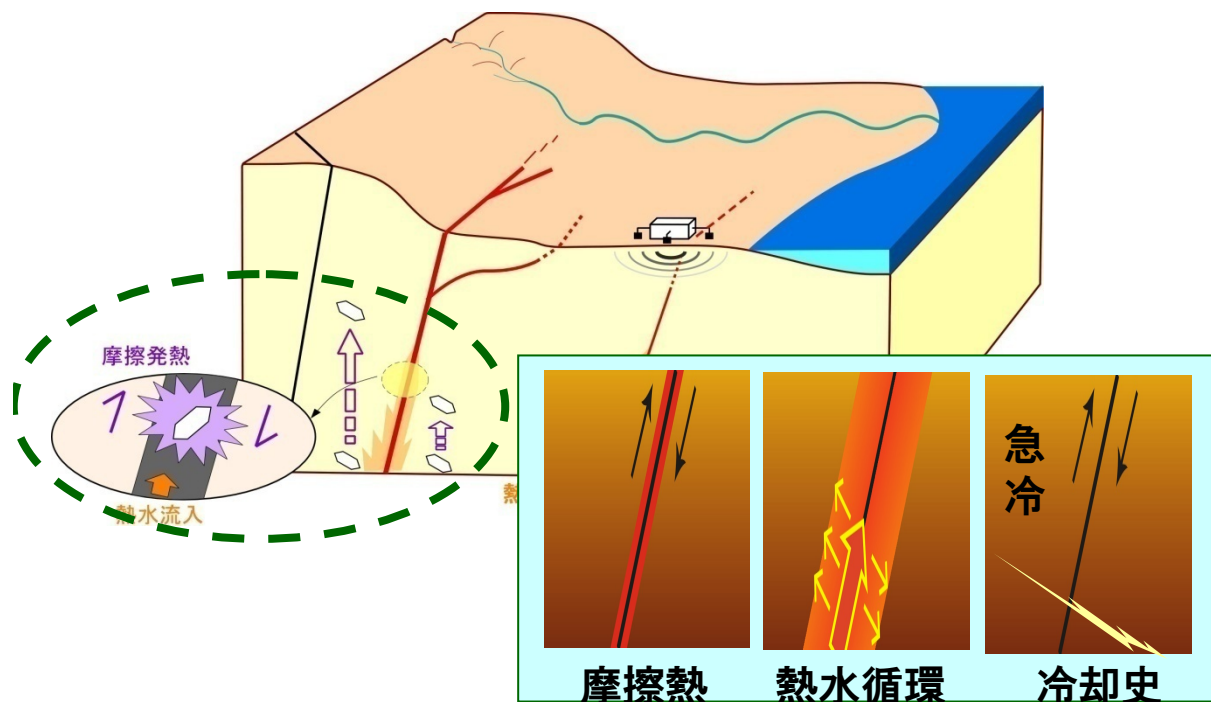


- ① 微小地震の震源決定精度の高度化
- ② 地震波後続波データを用いた
高分解能地震波トモグラフィ法
- ③ MTデータの三次元比抵抗構造
解析法

地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術

【達成目標】

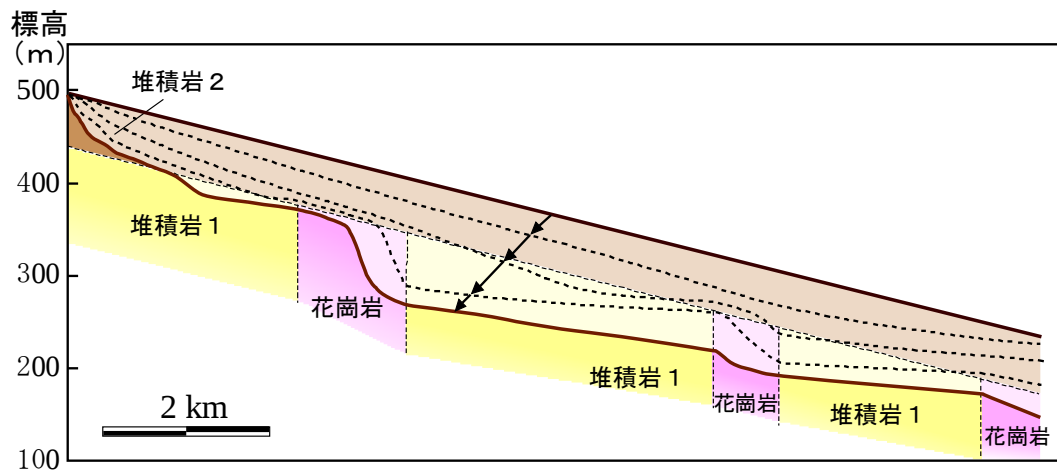
地下施設を活用した調査の段階において、地下で遭遇した断層が長期間にわたって活動していないことを確認するため、断層岩や断層充填鉱物脈の年代のほか、熱年代学的アプローチによる変位速度の算定等の要素技術の開発を行い、当該手法の実用化の見通しを得る。



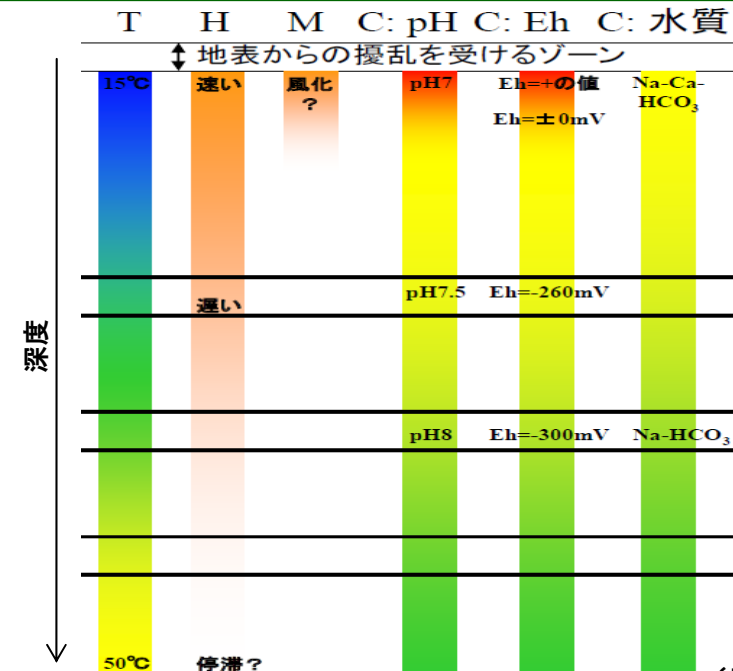
- ① 熱的事件による断層の活動性の評価
- ② 断層岩に生成した鉱物の年代測定と活動性の評価
- ③ 断層の上盤と下盤の侵食速度の違いによる垂直変位速度の推定

緩慢かつ広域的な現象の取り扱い

物理モデル(例えば, 地形変化シミュレーション)やモダンアナログに基づく古環境データに基づいて, 将来の地形や気候の状態を推定し, それらを場のモデルや境界条件として設定して, 地下水の流れや水質等といった地質環境の変化の大きさを見積もる。
→地質環境の変動幅を考慮した(変動)シナリオによる安全評価



過去から現在の河床縦断形変化のシミュレーション



(川村ほか, 2008)

隆起・侵食に伴う地質環境特性変化に関する概念モデル
各深度における地質環境特性(T:温度, H:水理, M:力学, C:化学特性)

緩慢かつ広域的な現象の取り扱い

【技術基盤が整備されている項目】

- ・ 河成段丘の編年による内陸部の隆起量の算定
- ・ 数十万年程度のローカルな古気候・古環境の復元
- ・ 数値シミュレーションに基づく将来十万年間程度の広域的な地形変化の推定

【技術基盤の強化が期待される項目】

- 河成段丘の発達が乏しい内陸部の隆起量・侵食量の推定
- 地形変化シミュレーション技術の信頼性の向上
- 断層運動を含む地殻変動に伴う地下水の温度変化の推定

【研究課題】

内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術

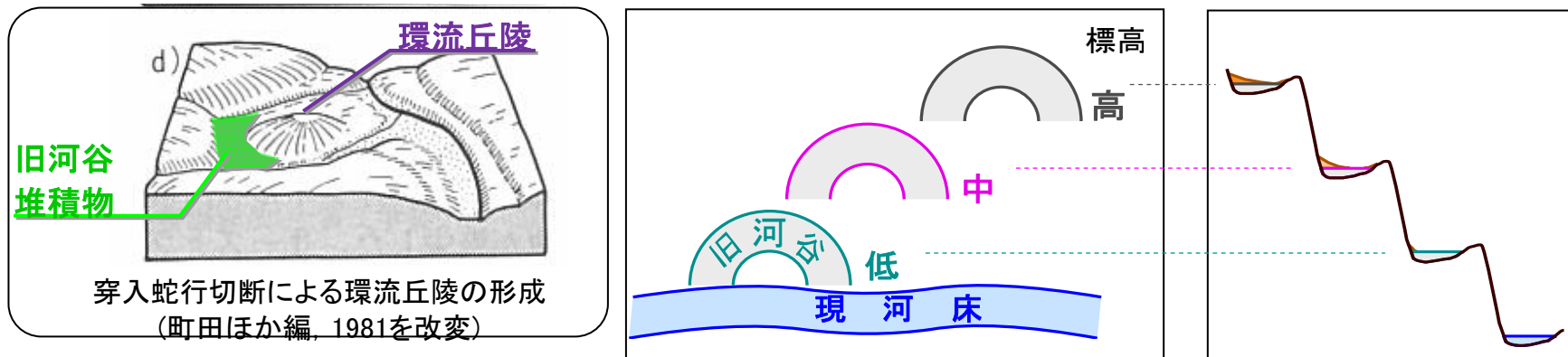
地形変化シミュレーション技術の高度化

地殻変動に伴う熱水活動の形成に係るモデルの開発

内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術

【達成目標】

地表からの調査の段階において、調査地区やその周辺の隆起速度を推定するため、特に西南日本の内陸部に適用できる旧河谷堆積物の編年とその標高に基づく調査技術を提示する。



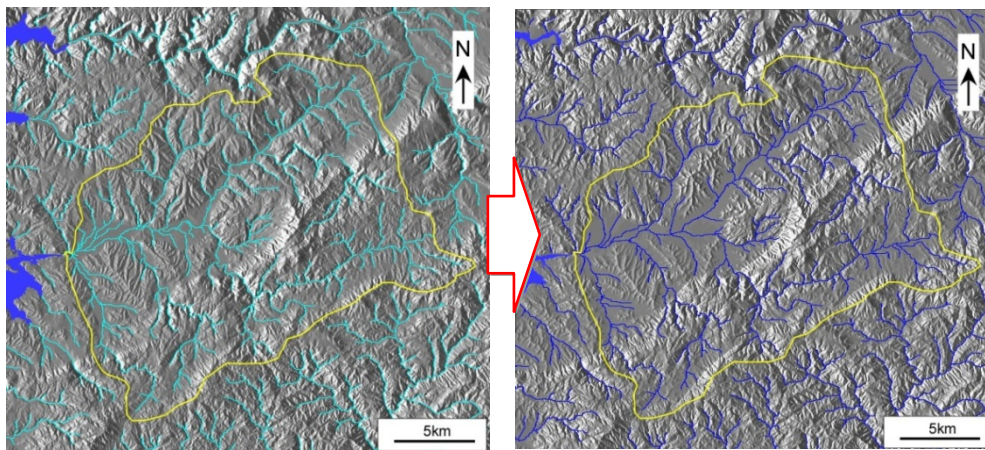
旧河谷を用いた隆起傾向の調査のイメージ

- ① 旧河谷堆積物の編年に基づく隆起量の算定
- ② 放射年代法による隆起・侵食速度の算定

地形変化シミュレーション技術の高度化

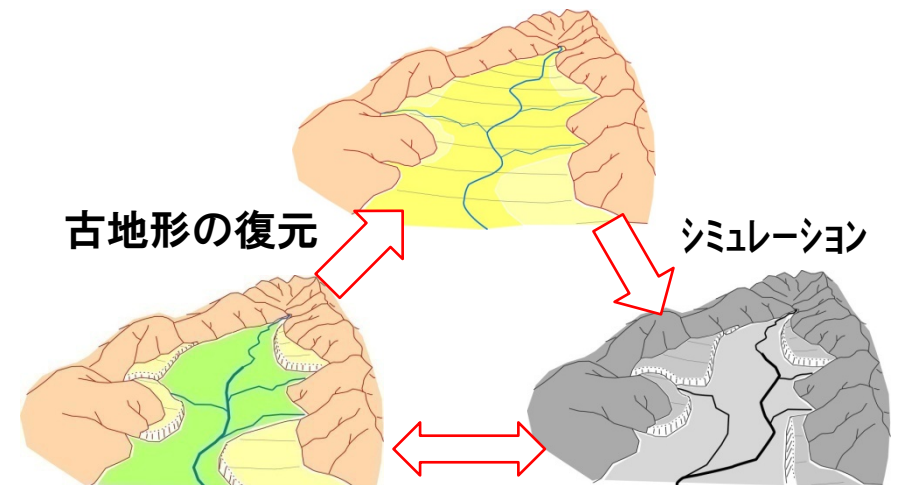
【達成目標】

将来十万年程度の隆起・侵食等による広域的な地形の起伏と地下水流動の変動幅を考慮した(変動)シナリオによる安全評価に反映するため、これまでに開発してきた地形変化シミュレーション技術について、信頼性の向上を図る。



DEMを用いた地形変化シミュレーション

- ① シミュレーション技術の妥当性の評価
- ② 岩盤物性の設定の考え方



現在の地形
(段丘分布)

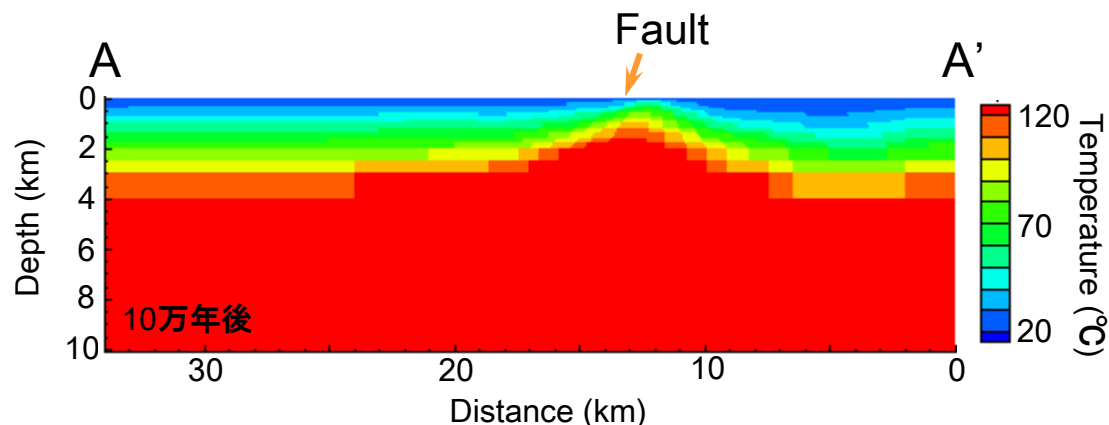
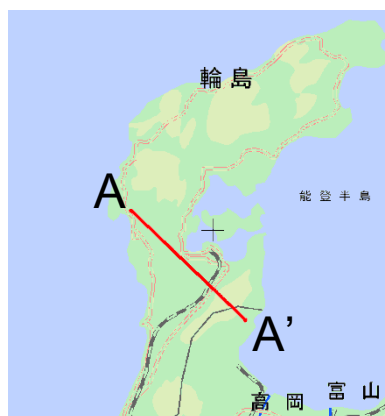
妥当性の評価
(段丘残存率,
河床縦断形の形状等)

古地形を用いた妥当性評価のイメージ

地殻変動に伴う熱水活動の形成に係るモデルの開発

【達成目標】

断層運動を含む地殻変動に伴う地質環境特性(熱, 水理等)の変化の幅を考慮した(変動)シナリオによる安全評価に反映するため, これらの影響の範囲と程度を把握するためのシミュレーション技術を開発する。

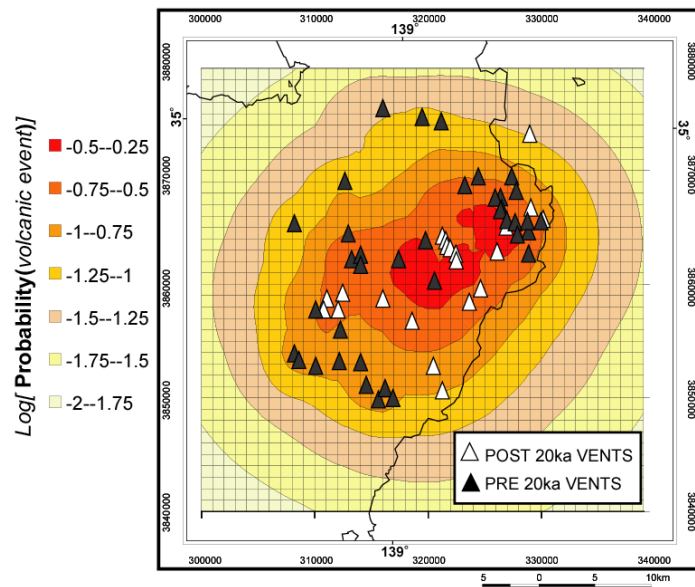


断層を対象とした熱水シミュレーション例

- ① 既存のシミュレータによる感度解析
- ② モデルの妥当性の検討

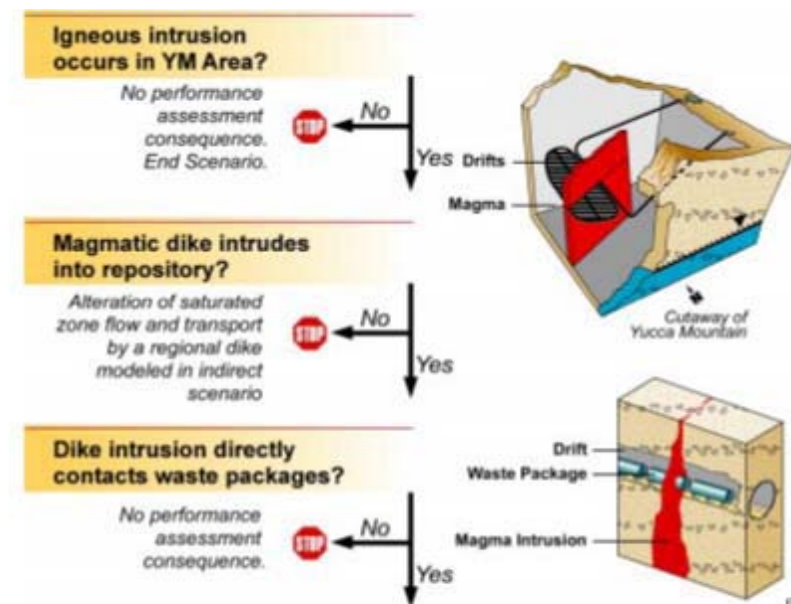
急激かつ局所的な現象の取り扱い(より長期)

より長期においては、新たな断層の形成やマグマの貫入・噴火等の現象も想定される。これらの影響についても念のため評価する場合には、例えば what if シナリオによる安全評価およびシナリオの発生頻度を確率論的に明示することが考えられる(いわゆる線量/確率分解アプローチ)。



Martin et al., 2003

シナリオの発生頻度の評価の例
東伊豆単成火山群周辺に新たな火山が
発生する確率の空間分布



U.S. Department of Energy, 1998

シナリオによる安全評価の例
ユッカマウンテンの処分坑道へのマグマ貫入シナリオ

急激かつ局所的な現象の取り扱い(より長期)

【技術基盤が整備されている項目】

- ・ 新規火山発生に関する確率分布モデルの提示

【技術基盤の強化が期待される項目】

- 新規断層発生に関する確率分布モデルの提示



【研究課題】

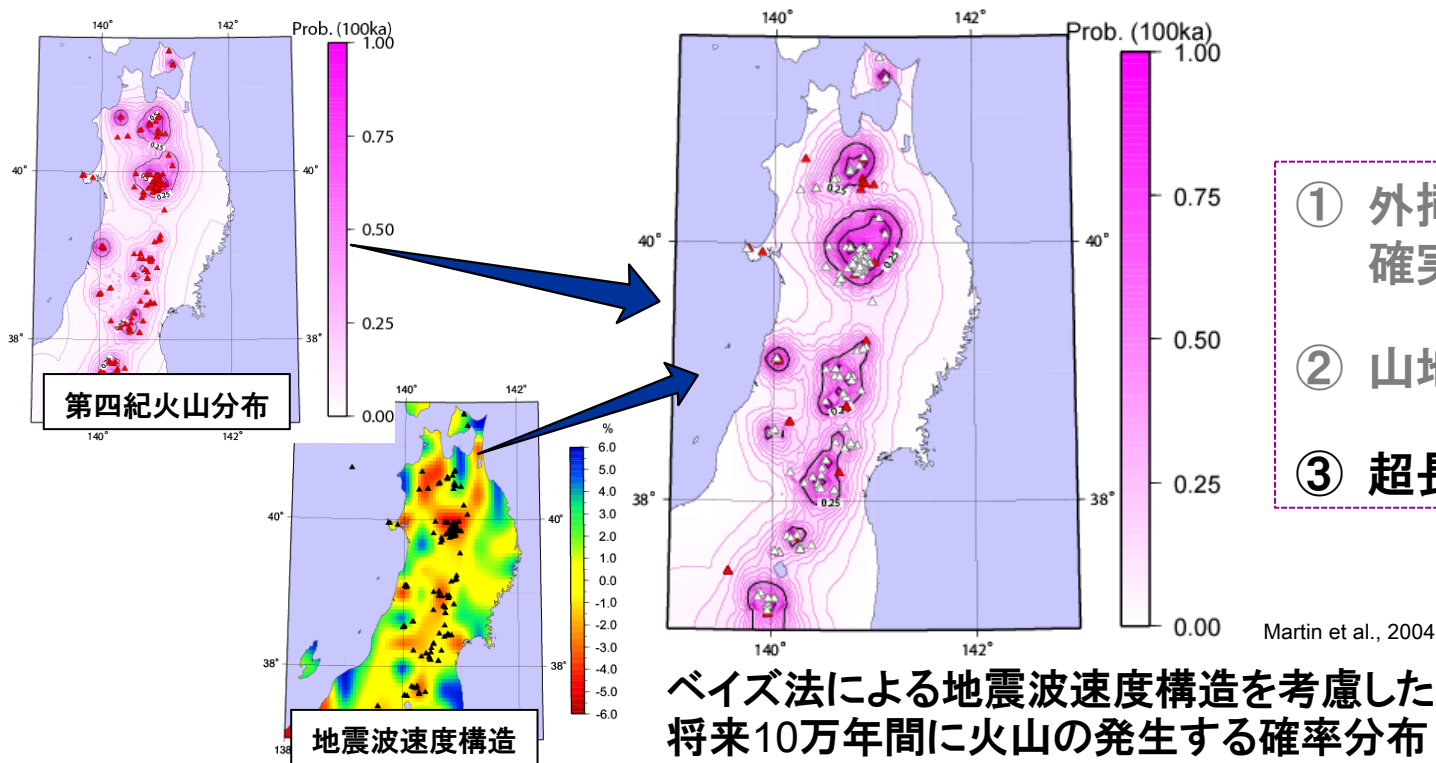
超長期における予測・評価手法に関する検討

※ 接近シナリオにおける安全評価の取り扱いが必要

超長期における予測・評価手法に関する検討

【達成目標】

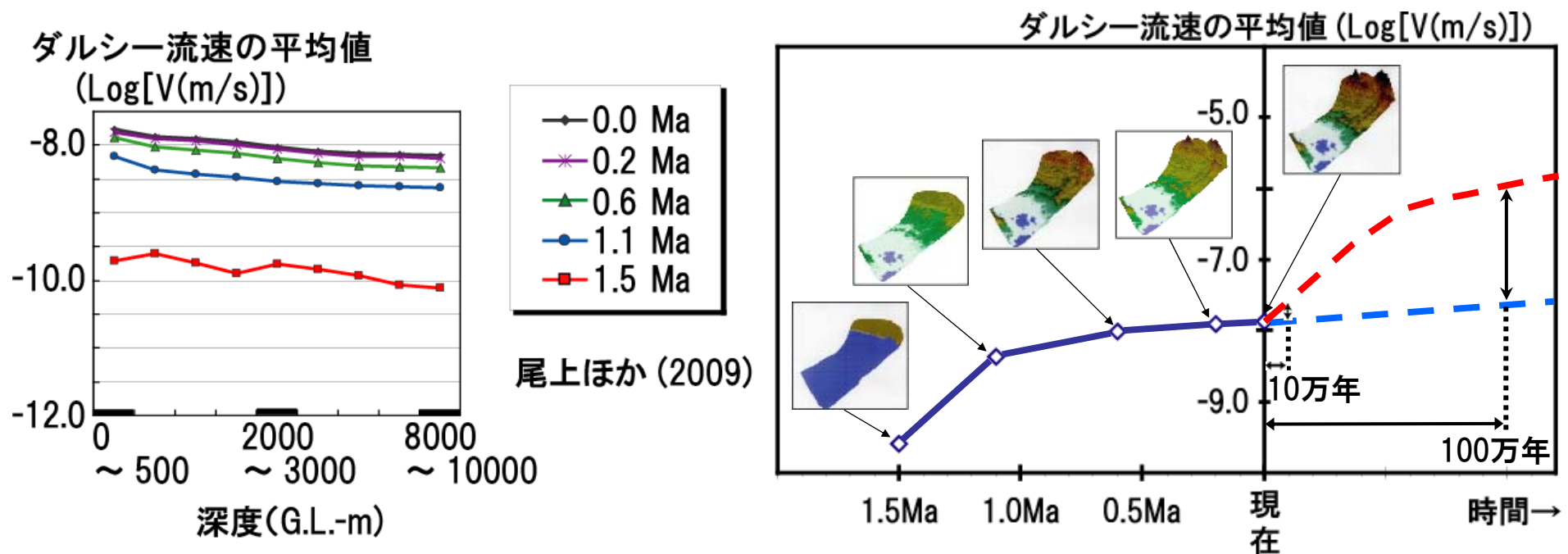
より長期の変動シナリオを考慮した安全評価に反映するため、過去の自然現象の履歴の外挿に伴う不確実性を評価するための手法を提示する。また、断層運動や火成活動等が新たに発生する可能性を評価するための確率論的アプローチを提示する。



- ① 外挿法による予測に伴う不確実性の評価
- ② 山地の形成発達段階の検討
- ③ 超長期の確率モデルの開発

緩慢かつ広域的な現象の取り扱い(より長期)

過去数百万年の地形・地質構造の復元をベースとする過去から現在までの地質環境特性の変動傾向に基づく不確実性を含めた変動幅の提示
→その変動幅を考慮したシナリオによる安全評価



過去～現在の地形変化に伴うダルシー流速の平均値の変化及び将来の変化幅の推定例

緩慢かつ広域的な現象の取り扱い(より長期)

【技術基盤が整備されている項目】

- 地形変化や気候変動等の自然現象を考慮した地下水流動解析技術

【技術基盤の強化が期待される項目】

- 隆起・侵食等を考慮した地下水流動解析結果の妥当性の確認
- 将来の地質環境特性に関する変動幅の定量的な推定
- 既往の編年手法の適用条件, 限界, 留意点等の提示

【研究課題】

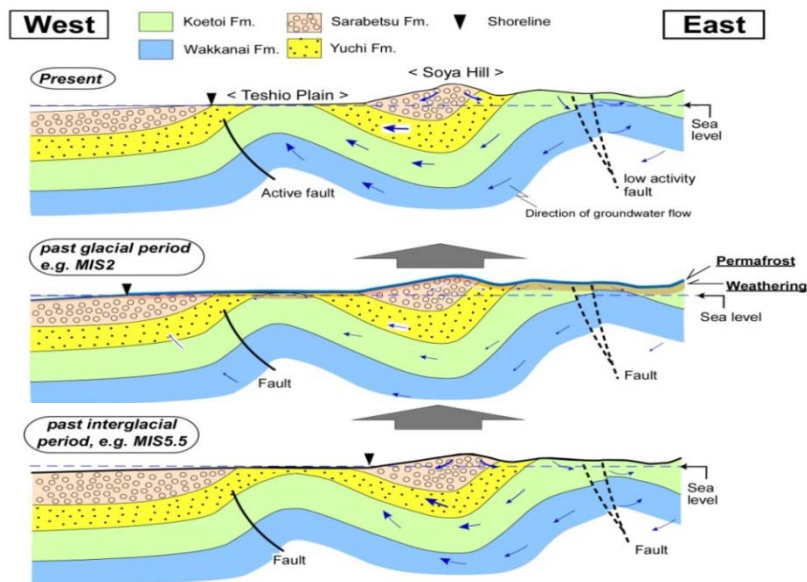
古水理地質学的アプローチによる
地質環境の変化の予測・評価手法の開発

超長期における予測・評価手法に
関する検討

古水理地質学的アプローチによる 地質環境の変化の予測・評価手法の開発

【達成目標】

より長期の安全評価に反映するため、古水理地質学的アプローチにより、過去の地形・地質構造を復元し、それに基づき過去の地下水の流れや水質を再現するための一連の調査・評価・解析手法の技術基盤を構築する。その上で、再現された地質環境特性の変動傾向に基づき外挿した場合の変動幅と不確実性を提示する。（東濃地域と幌延地域を事例）



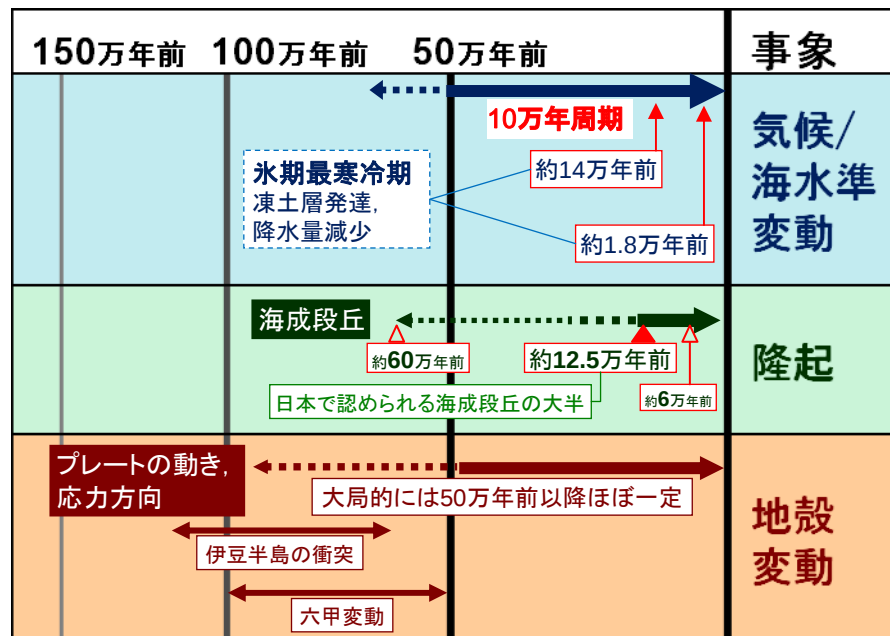
過去から現在に至る地形・地質構造および地下水流動の変遷に関する概念モデル(幌延地域の例)

- ① 過去の地形・地質構造の復元
- ② ①に基づく地下水流動, 水質変化のシミュレーション
- ③ ②による過去から現在までの地質環境特性の変動傾向の把握
- ④ ③の傾向に基づいた変動幅と不確実性の検討

超長期における予測・評価手法に関する検討

【達成目標】

より長期の変動シナリオを考慮した安全評価に反映するため、過去の自然現象の履歴の外挿に伴う不確実性を評価するための手法を提示する。また、断層運動や火成活動等が新たに発生する可能性を評価するための確率論的アプローチを提示する。



- ① 外挿法による予測に伴う不確実性の評価
- ② 山地の形成発達段階の検討
- ③ 超長期の確率モデルの開発

自然現象に係る情報の整理の例

地質環境の長期安定性研究の枠組み(H22-H26)

① 調査技術の開発・体系化

自然現象に関する過去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(主に概要調査へ反映)

② 長期予測・影響評価モデルの開発

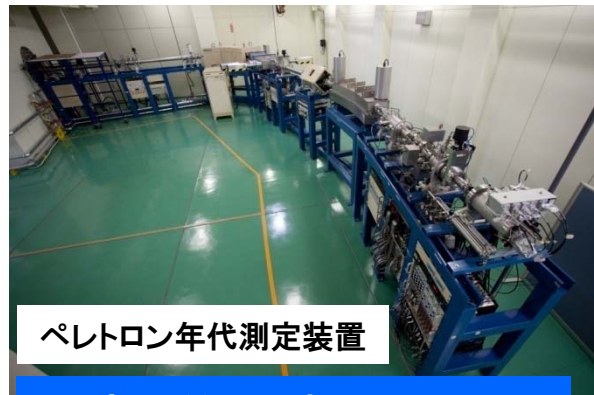
将来の自然現象に伴う地質環境特性(熱, 水理, 力学, 地球化学等)の変化を予測・評価するための手法の整備(特に変動シナリオを考慮した安全評価へ反映)

③ 年代測定技術の開発

最先端の機器分析装置等を用いた放射年代測定や鍵層の高分解能同定法等による編年技術の高度化

サイトの選定や安全規制に必要な調査技術や評価手法の整備
〔実施側および規制側への研究成果の反映〕

今後5カ年(H22-H26)の主な研究課題 【年代測定技術の開発】



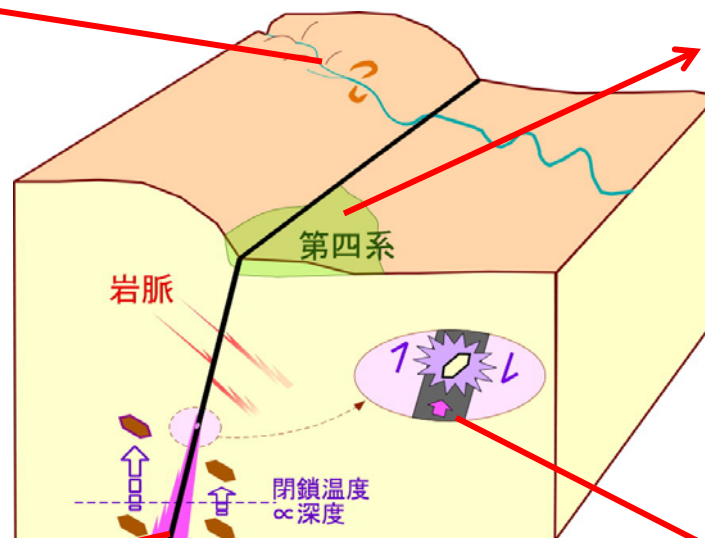
ペレトロン年代測定装置

加速器質量分析計を用いた
 ^{10}Be 年代測定法の実用化

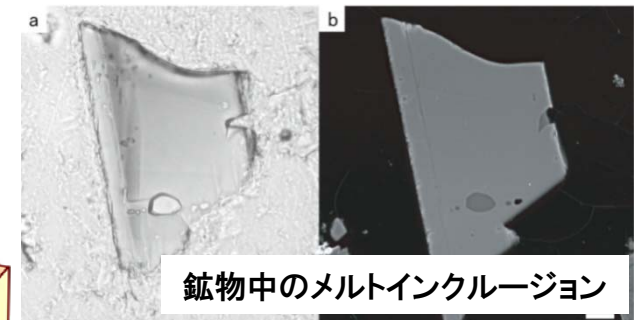


(U-Th)/He年代測定装置

四重極型質量分析計等を用いた
(U-Th)/He年代測定法の実用化

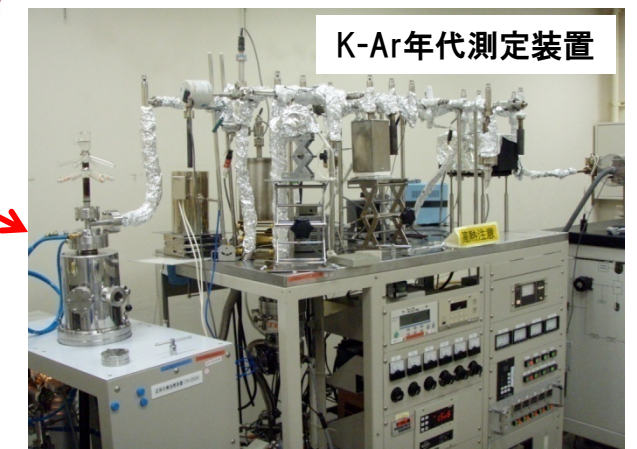


各年代測定技術の適用に関する概念図



鉱物中のメルトインクルージョン

高分解能のテフラ同定
手法の開発



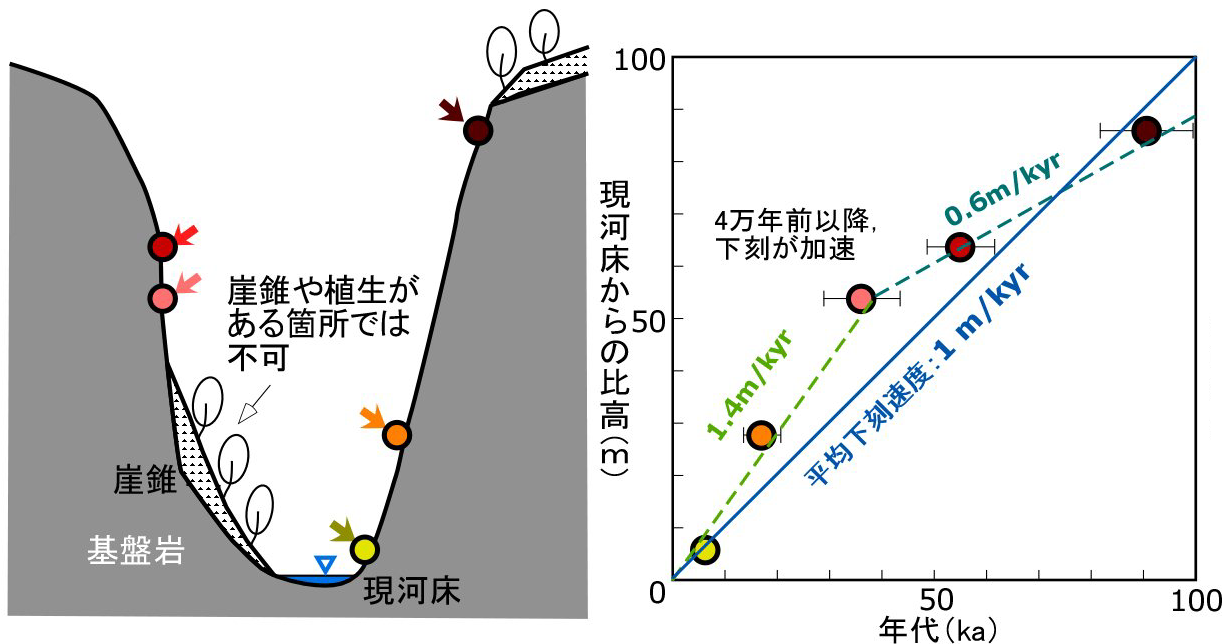
K-Ar年代測定装置

希ガス用質量分析計等を用いた
K-Ar年代測定法の実用化

加速器質量分析計を用いた ^{10}Be 年代測定法の実用化

【達成目標】

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計を用いて、 ^{10}Be の定量法を確立し、 ^{10}Be 年代測定法を実用化する。
これらの技術は、「内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術」に反映できる。



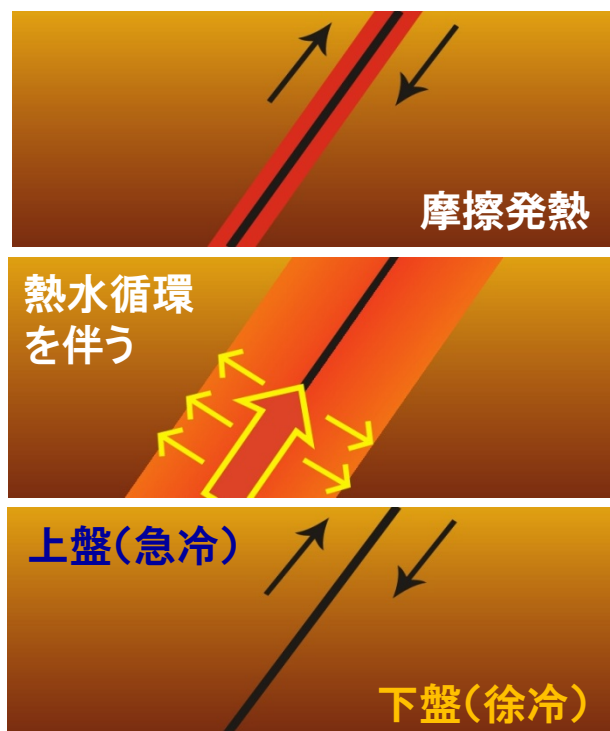
^{10}Be 年代測定法を用いた河川下刻速度の推定

- ① ^{14}C 年代測定に係る測定精度の向上
- ② ^{10}Be 年代測定法の実用化
- ③ ^{26}Al ・ ^{36}Cl 年代測定法の事前調査

四重極型質量分析計等を用いた(U-Th)/He年代測定法の実用化

【達成目標】

東濃地科学センターで保有している四重極型質量分析計により ^4He の定量を、誘導結合プラズマ質量分析計により U, Th を定量する技術を整備し, (U-Th)/He年代測定法を実用化する。これらの技術は, 「内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術」, 「地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術」に反映できる。



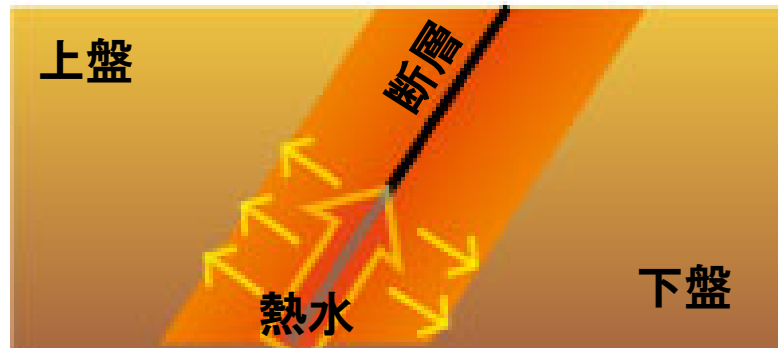
- ① 四重極型質量分析計を用いた ^4He の定量
- ② ICP-MSを用いたU, Thの定量
- ③ (U-Th)/He年代測定法の実用化

断層運動に伴う熱的イベントの識別
→断層の活動性の評価

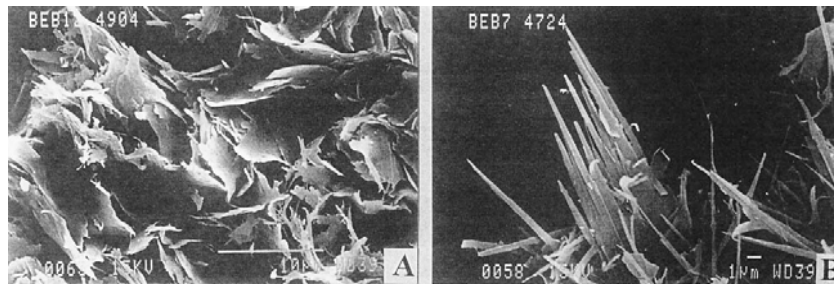
希ガス用質量分析計等を用いたK-Ar年代測定法の実用化

【達成目標】

東濃地科学センターで保有する希ガス質量分析計によりアルゴンを，炎光光度計によるカリウムを定量する技術を整備し，感度法によるK-Ar年代測定法を実用化する。また，極微細な雲母粘土鉱物を効率的に分離する技術を整備する。これらの技術は，「地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術」に反映できる。



断層活動に伴う
熱水の影響



断層ガウジ中
の粘土鉱物

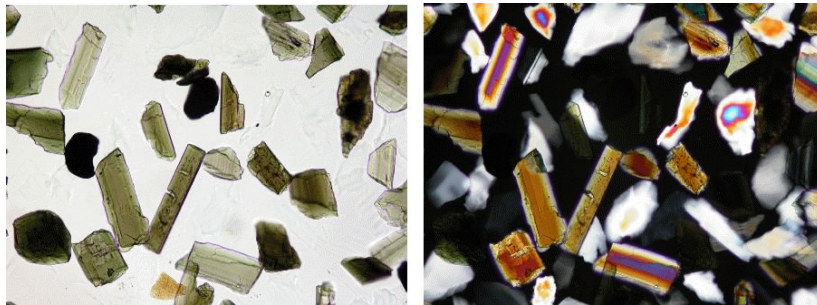
(Zwingmann et al., 2004)

- ① 感度法によるアルゴン定量
システムの開発
- ② 自生雲母粘土鉱物の分離法の
開発
- ③ 雲母粘土鉱物を含めた岩石・
鉱物のK-Ar年代測定法の
実用化

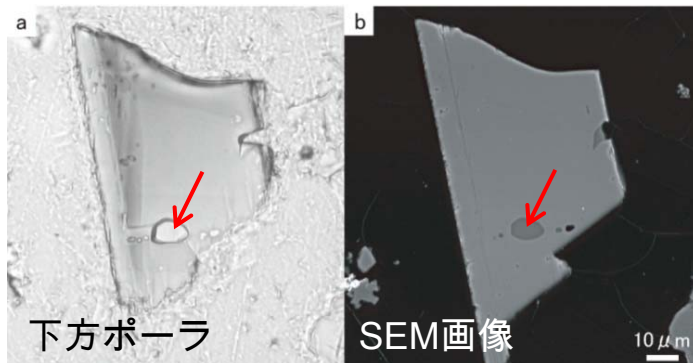
高分解能のテフラ同定手法の開発

【達成目標】

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。



ガラスが認められない中期更新世テフラ



下方ポーラ

SEM画像

10 μm

ホルンブレンド中の
メルトインクルージョン(↓)

- ① メルトインクルージョンの測定手法の確立
- 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
- ③ P-P境界のテフラカタログの整備