

機構改革に伴う成果取りまとめと今後の研究計画

- 深地層の研究施設計画と地質環境の長期安定性研究 -

④ 地質環境の長期安定性研究

平成26年3月27日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門

地層処分の安全確保の考え方と研究課題

考慮すべきわが国の地質環境の特徴

環太平洋変動帯に位置
噴火・地震など地殻変動が活発

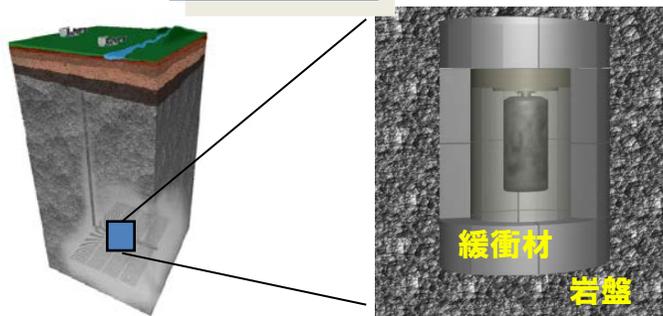
・生活環境との離間距離の短縮
(接近シナリオ)

地層処分の長期的な
安全性への影響

・自然現象による地下水の変化
(地下水シナリオ)

対策

地層処分システムの性能が著しく損なわれないよう
長期にわたって安定な地質環境を選定
(**サイト選定**)



想定される自然現象の変動を見込んで処分施設を適切に設計・施工および
長期的な安全性を評価
(**工学的対策・安全評価**)

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

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

③ 年代測定技術の開発
最先端の機器分析装置による放射年代測定技術(世界初)を含めた編年技術の高度化

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

⇒ サイト選定に必要なデータを取得する技術

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

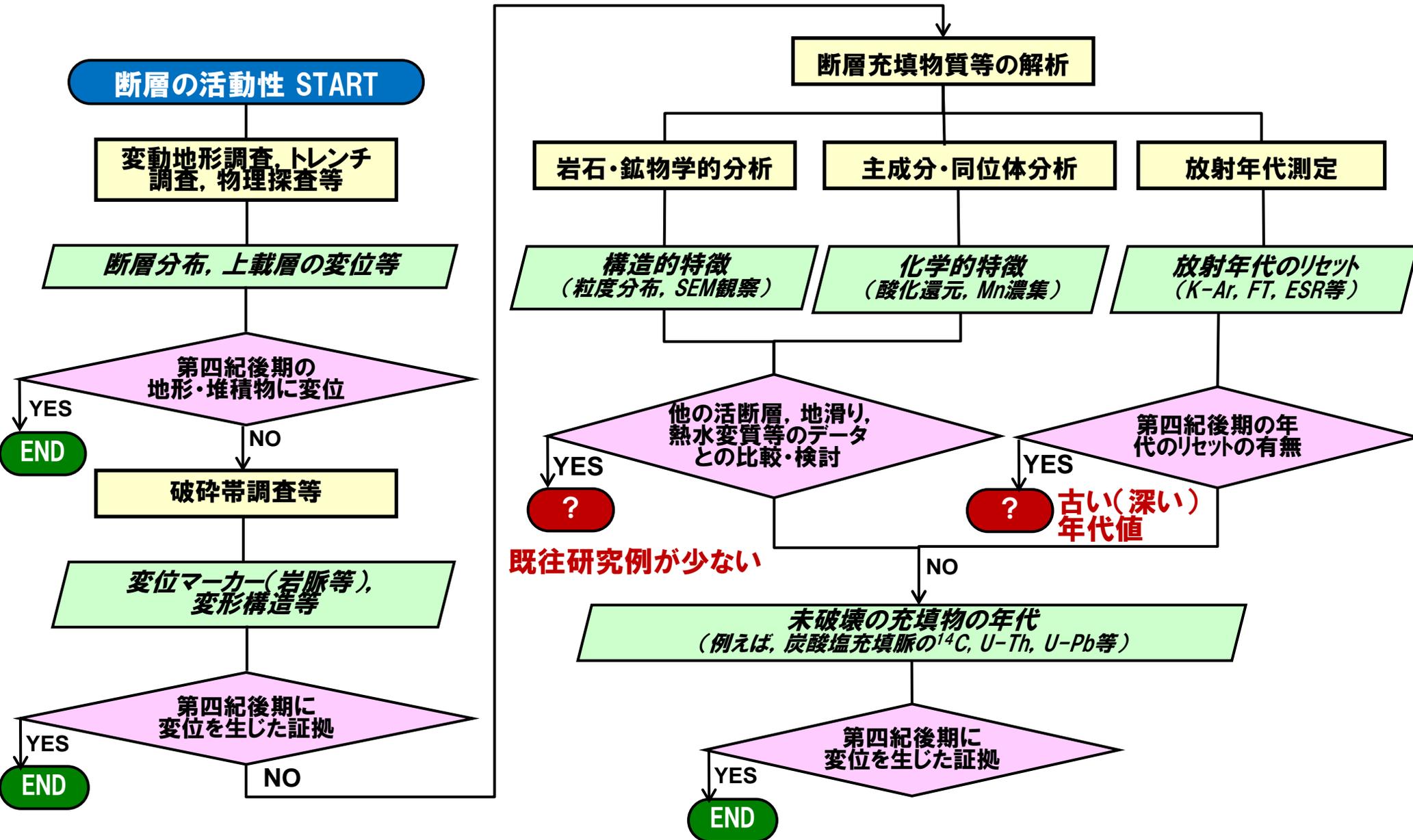
⇒ ①, ②の信頼性を向上させるための技術基盤

(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)

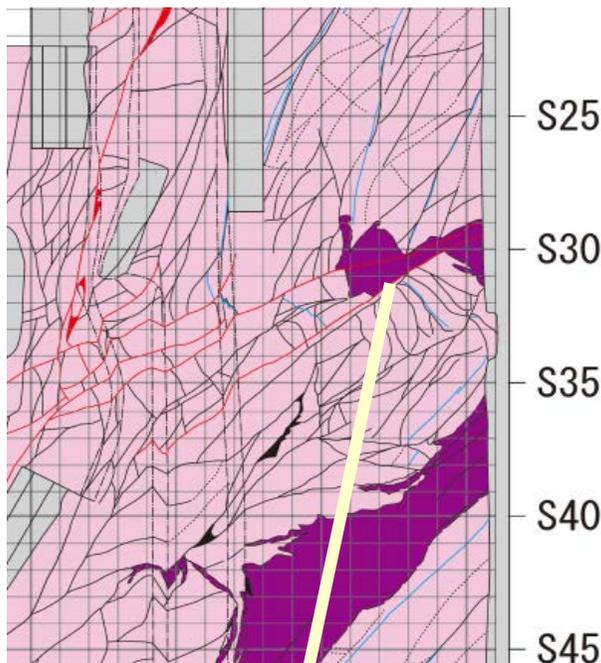
第2期中期計画の進捗状況(その1)

研究課題	目的・概要(調査技術の開発・体系化)	進捗状況(主な成果)
変動地形が明瞭でない活断層に係る調査技術	変動地形が明瞭でない活断層の存否を確認するため、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。	地下水中の溶存ガスのヘリウム同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比)が活断層(特に、横ずれ断層)の検出に有効。
断層の発達段階の評価に係る調査技術	活断層からの離間距離を適切に設定するため、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。	断層パラメータの多変量解析による発達段階の定量化を試みたが、顕著な傾向は認められなかった。
地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術	上載地層法の適用が困難な地下で遭遇した断層等の活動性を把握するため、断層岩や充填物質等を用いた調査技術を提示する。	断層岩に含まれる自生粘土鉱物のK-Ar年代、アパタイトのFT年代等による活動性の評価を試みた。⇒ カルサイト等の天水起源の鉱物の放射年代値による評価が必要。
地殻内の震源断層に係る調査技術	地下深部における震源断層や高温流体等の存否を確認するため、地球物理学的アプローチによる調査技術を提示する。	地殻浅所構造を考慮した震源再決定、三次元比抵抗構造解析、深部S波トモグラフィ等の要素技術を開発。⇒ これらを統合した実用化研究および長期モニタリング技術開発
内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術	宇宙線生成核種(TCN)による削剥速度、旧河谷堆積物の編年とその標高に基づく隆起速度等の調査技術を提示する。	旧河谷堆積物の編年は困難。TCNによる削剥速度については、深度方向への宇宙線強度の減衰から推定可能。⇒ 花崗岩地域以外への適用が必要。

断層の活動性の調査・評価の手順



花崗岩露頭中の破砕帯の活動性の検討例



対象試料

19Ma(全岩K-Ar年代)のドレライト岩脈を変位させる割れ目中を充填している未破砕の方解石脈

放射性炭素年代(^{14}C)法

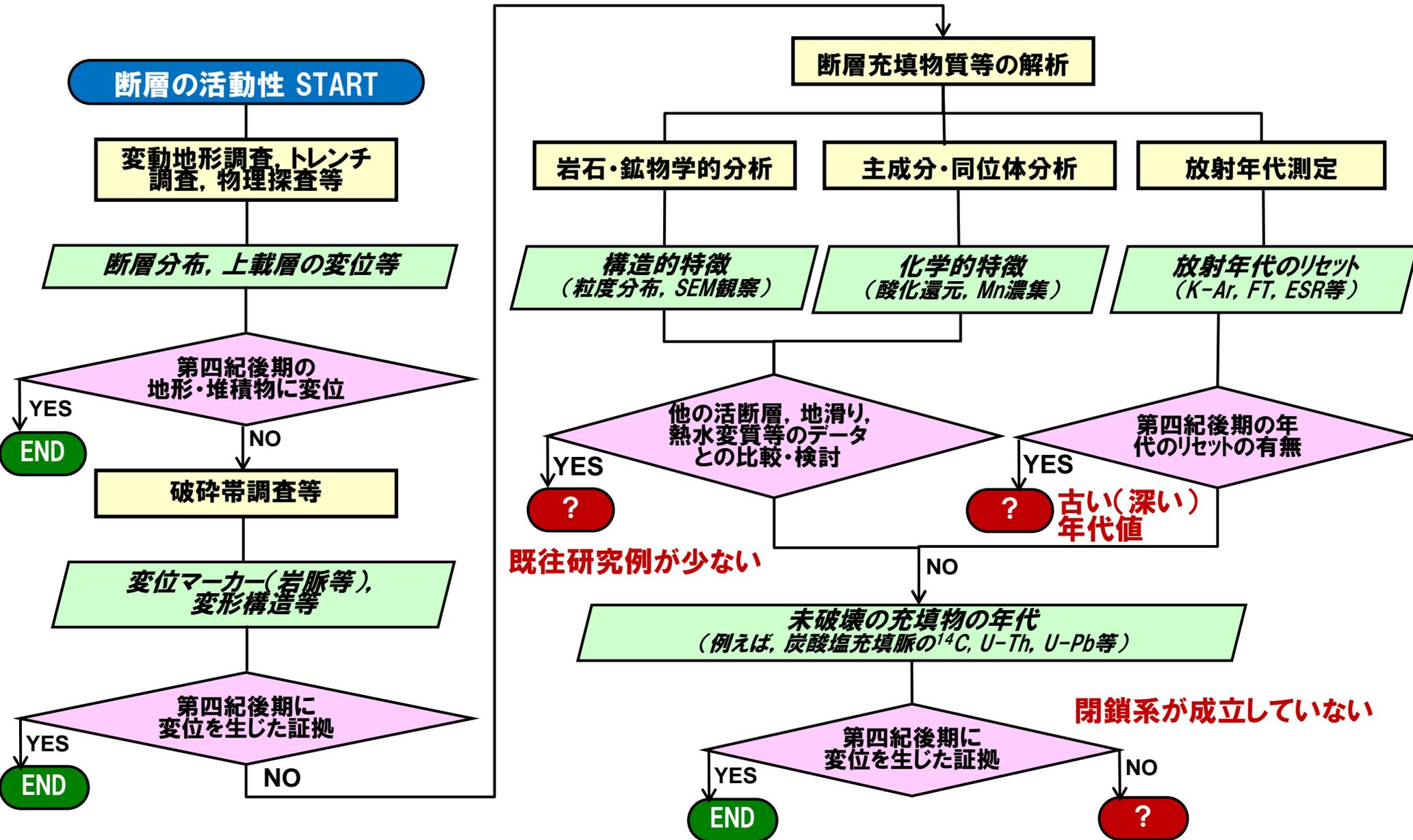
- 方解石脈の ^{14}C 年代測定結果は、バックグラウンド・レベルとほぼ一致していた。
- 方解石脈は断層運動による破断が生じていない。
⇒これらの方解石脈は数万年以上、変位を受けていないと考えられる。

アイオニウム(^{234}U - ^{230}Th)法

- 測定の結果、試料の閉鎖系が保たれていない(年代値の算定根拠を満たしていない)可能性が高いことを確認した。
⇒閉鎖系が保たれない理由として、新たな方解石の沈殿(成長)や溶解等が考えられる。



断層の活動性の調査・評価の手順

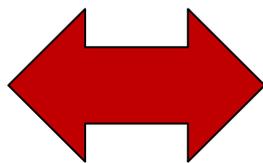


第2期中期計画の進捗状況(その2)

研究課題	目的・概要(長期予測・影響評価モデルの開発)	進捗状況(主な成果)
地形変化シミュレーション技術の高度化	将来十万年程度の広域的な地形変化を把握するための基盤となるシミュレーション技術の高度化を図る。	約十万年前の古地形を復元し、そこを起点とする地形シミュレーションによって現在の地形を概ね再現した。
地質断層の再活動性に関する評価技術	海溝型地震等による地殻応力・歪の変化及び地質断層が再活動する可能性を評価するための手法を提示する。	実施中。⇒海溝型巨大地震に伴う沿岸域の地殻変動やそれに伴う地質環境の変化の予測・評価手法の開発。
断層運動に伴う地下水流動系の変化に関する評価技術	サイトの近傍での断層運動や海溝型地震の発生によって生じる地下水流動系の変化を評価するための手法を提示する。	断層運動に伴う体積歪のシミュレーションに基づく地下水位の変化幅を予測するとともに実際の観測値による検証を行った。
超長期における予測・評価手法に関する検討	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、外挿法や確率論等の既存の予測・評価に伴う不確実性を検討する。	山地発達モデルによる将来の地形の予測・評価に伴う不確実性について検討。新規火山等の発生の確率モデルの開発。
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	過去から現在までの地下水の流れや水質の変化を復元するための一連の調査・評価・解析手法を提示する。	実施中。⇒古地形・地質の復元およびそれに基づく地下水理・水質の変動幅を評価するための一連の手法の開発。

年代測定技術の開発	進捗状況
<ul style="list-style-type: none"> • 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 • 四重極型質量分析計などを用いた(U-Th)/He年代測定法 • 希ガス質量分析計などを用いたK-Ar年代測定法 • 高分解能のテフラ同定手法 	石英 ¹⁰ Be年代, ジルコン・アパタイト(U-Th)/He年代, イライトK-Ar年代等の実用化。 ⇒地下水(³⁶ Cl, 希ガス), 炭酸塩鉱物(U-Pb, U-Th), 堆積物(OSL, ESR)等

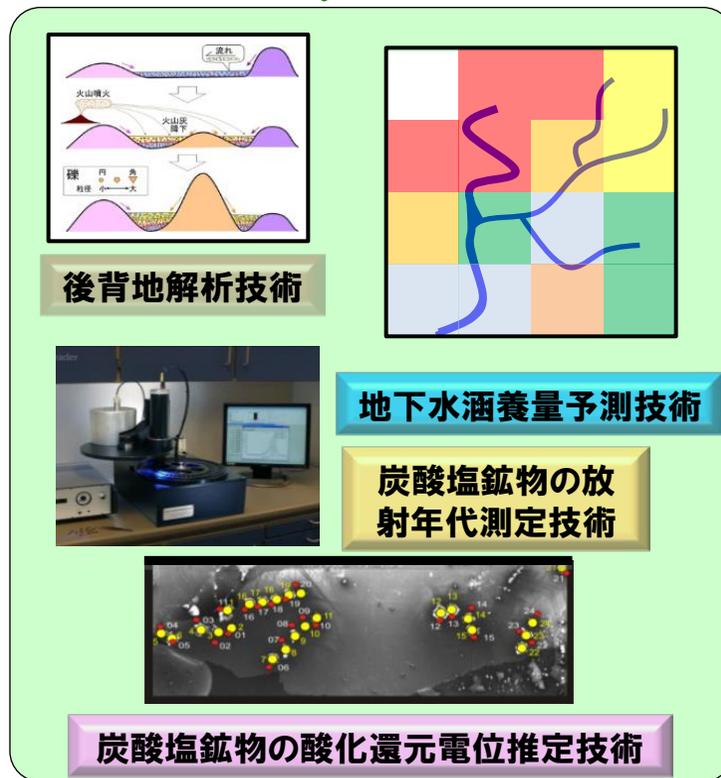
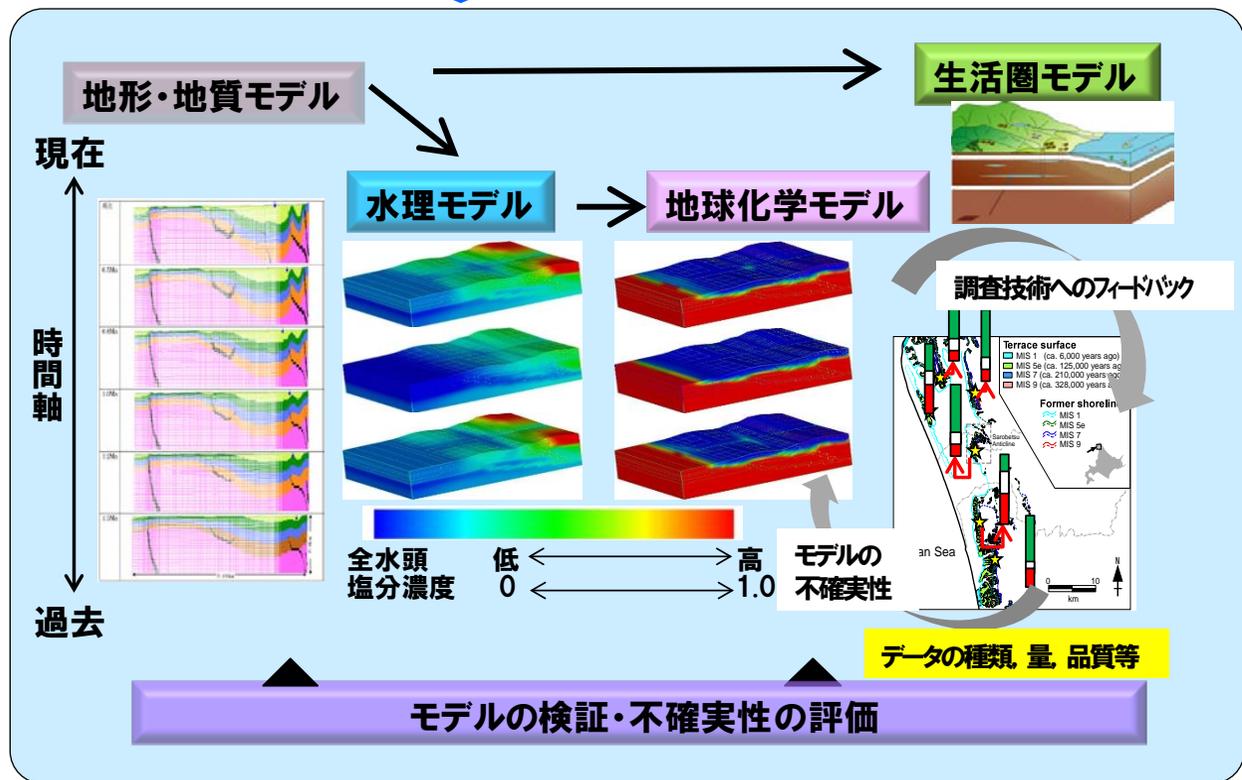
地質環境長期変動モデル (GEMs)の開発



革新的要素技術の開発

(GEMs: Geological-Evolutionary Model)
過去から現在までの地質環境の長期的な変化を表現できる三次元地質環境長期変動モデルの開発。

個別モデルの作成に必要な情報やモデルの検証に用いるデータを取得するための革新的な要素技術の開発。



長期安定性研究を取り巻く現状

東日本大震災・福島原発事故

- 超長期にわたって安定した地層を確認することは現状の科学技術では困難。社会的合意を得るためには、その不確実性が小さいことが必須であり、地層の安定性に関する研究もさらなる進展が求められる。

高レベル放射性廃棄物の処分について(回答)【日本学術会議:2012年9月】

- 今後の取り組みとして、地球科学分野の最新知見を反映して地層処分の実施可能性について調査研究し、その成果を国民と共有する。

今後の高レベル放射性廃棄物地層処分に係る取組について(見解)【原子力委員会:2012年12月】

- 3.11地震や原発事故の教訓を踏まえ、巨大地震や津波の影響が発生した場合の影響評価や、複合的な自然現象の影響評価、発生確率が低いとして排除された事象の影響評価技術の開発を新たに推進。

地層処分基盤研究開発に関する全体計画【地層処分基盤研究開発調整会議:2013年3月】

- 学際的な協働によって、地震・断層等自然現象の将来予測に関する専門家の議論において一定の統一見解を導く方法論を提示すべき。

放射性廃棄物地層処分の学際的評価【日本原子力学会:2014年1月】

第3期中期計画(H27~31)の研究開発の展開

① 断層の活動性に係る評価技術

- ✓ 坑道で遭遇したような上載地層法が用いられない断層の活動性
- ✓ 地すべりに伴うノンテクトニック断層の判定 等

② 地殻構造の高精度・高空間分解能モニタリング技術

- ✓ 鳥取県西部地震の震源断層のような未成熟な断層の検出
- ✓ 処分場閉鎖後の長期(~300年)モニタリング技術 等

③ 稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術

- ✓ 巨大海溝型地震による沿岸域での地質断層の再活動, 地下水の異常湧出
- ✓ 断層の伸展に伴う地質環境の変化(深部流体(熱水)の上昇, 表層水の混入) 等

④ 時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術

- ✓ 測地学的スケールと地形・地質学的スケールの変動速度の矛盾
- ✓ 10万年を超えるような超長期の予測技術の整備
- ✓ モデルの高度化(可視化・数値化)による予測に対する信頼性の向上 等

【地層処分の技術的信頼性向上に向けた研究課題1/2】

- ① 火山の分布および地熱活動の評価に反映するための、マグマ成因論に関する知見の収集およびマントル内の熱対流モデルの評価手法の整備。
- ② 深部流体および非火山性熱水の流出の評価に反映するための、深部流体および非火山性熱水に関する形成・移動メカニズム等の調査事例の蓄積。
- ③ 繰り返し活動し変位の規模が大きな断層の評価に反映するための、未成熟な活断層の調査事例の蓄積および調査や評価方法の整備。
- ④ 断層の活動性の評価に反映するための、地質断層の再活動性に関する調査事例および上載法の適用が困難な断層の活動性の評価方法（断層岩や充填鉱物の年代測定方法）の整備。
- ⑤ 断層活動による影響範囲の評価に反映するための、既存の活断層の破砕帯の分布等の調査事例の蓄積および調査や評価方法の整備。

【地層処分の技術的信頼性向上に向けた研究課題2/2】

- ⑥ 隆起量・侵食量の評価に反映するための、地形学的手法や堆積物の年代測定に基づく評価方法の整備。
- ⑦ 表層付近の酸化帯分布の評価に反映するための、表層付近の酸化帯に関する調査事例の蓄積。
- ⑧ 地震活動の評価に反映するための、東北地方太平洋沖地震後に誘発された地震や湧水(たとえば、2011年4月11日の福島県浜通り地震)に関する調査事例の蓄積。
- ⑨ 天然現象の将来予測を行う上での前提となるプレートシステムの継続性の評価のための、プレートシステムの変遷と地質学的イベントの関係の整理および検討。
- ⑩ 地下水の動きが緩慢であることを評価するための地下水年代測定技術の確保や調査事例の蓄積。