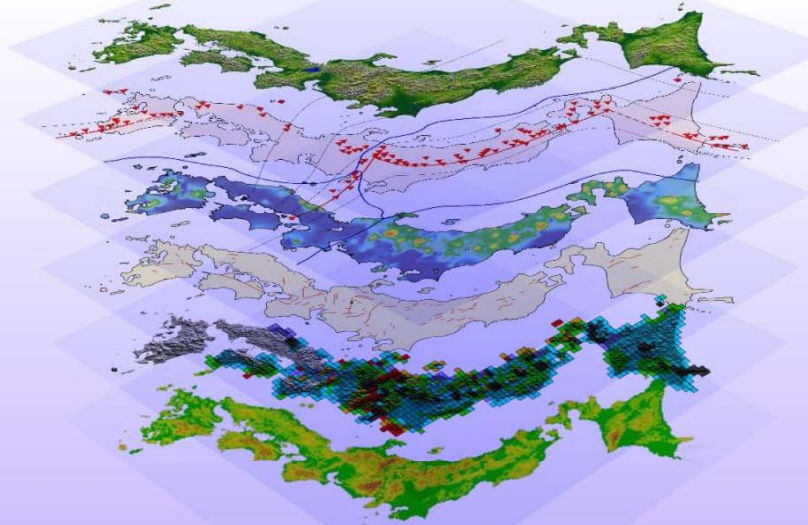


地層処分と 地質環境の長期安定性に関する研究

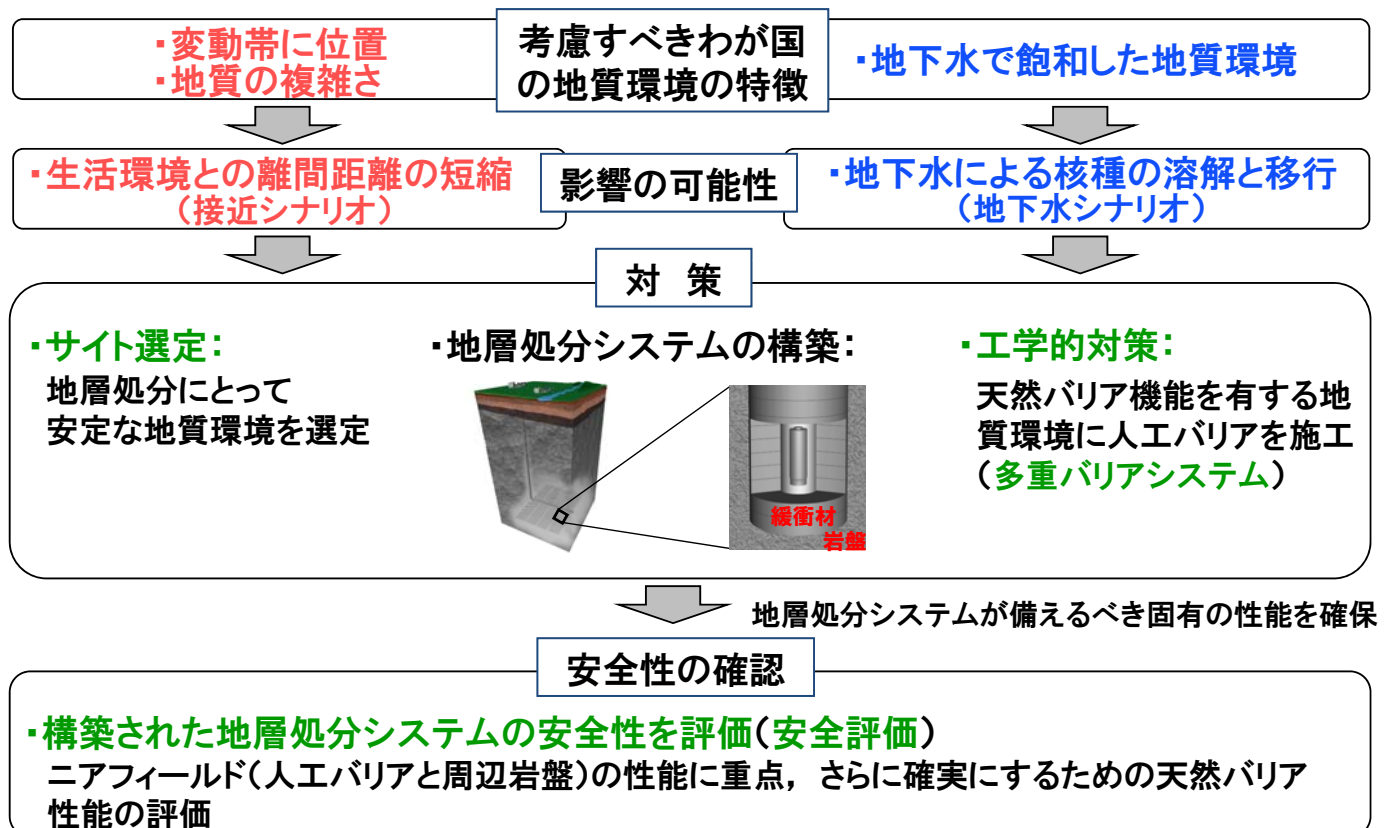
バックエンド週末基礎講座（2012年11月18日）



地形
活火山
地温勾配
活断層
隆起速度
侵食速度

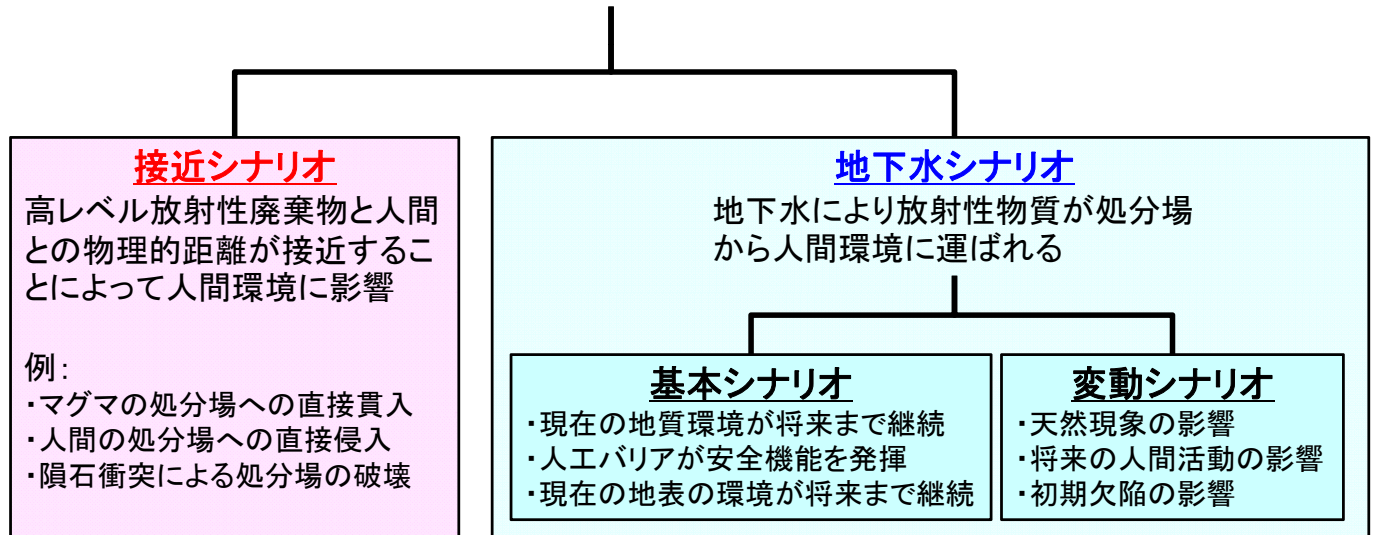
独立行政法人 日本原子力研究開発機構
東濃地科学研究ユニット 自然事象研究グループ
安江 健一

わが国における地層処分の安全確保の考え方



安全評価で考慮するシナリオの分類

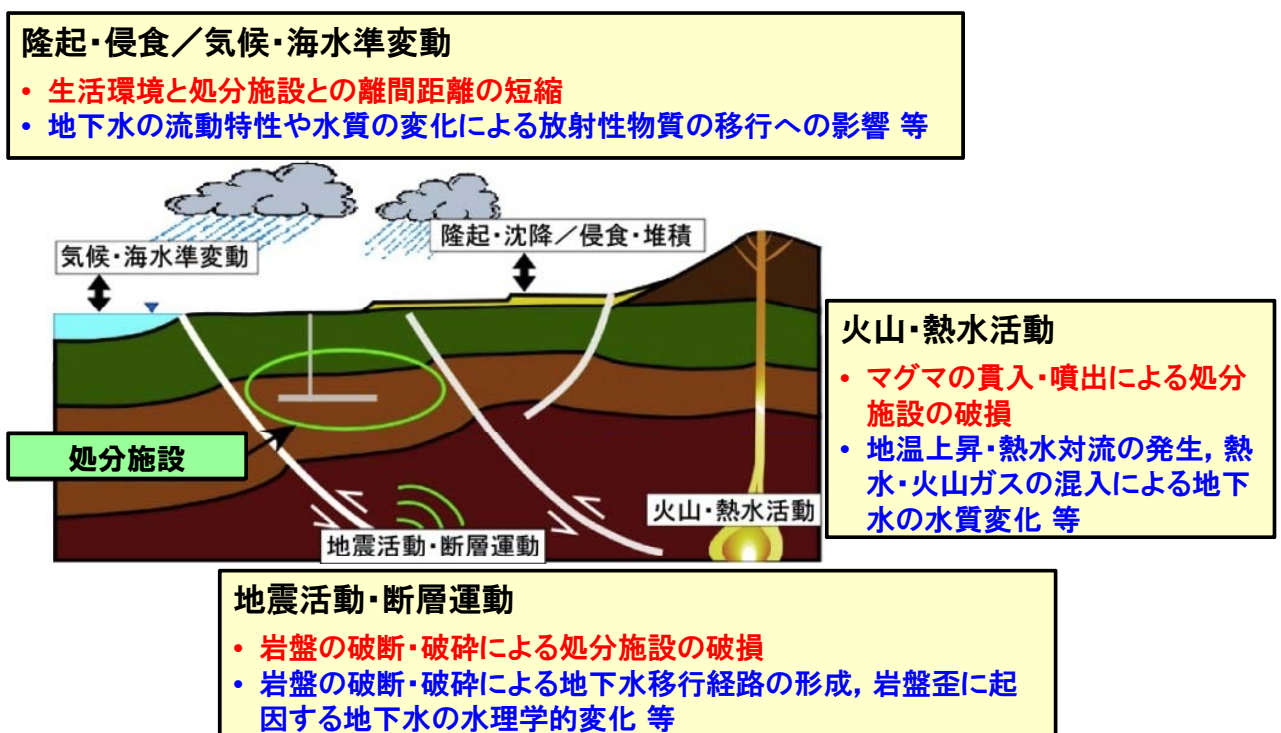
安全評価で考慮するシナリオ



(核燃料サイクル開発機構, 1999)

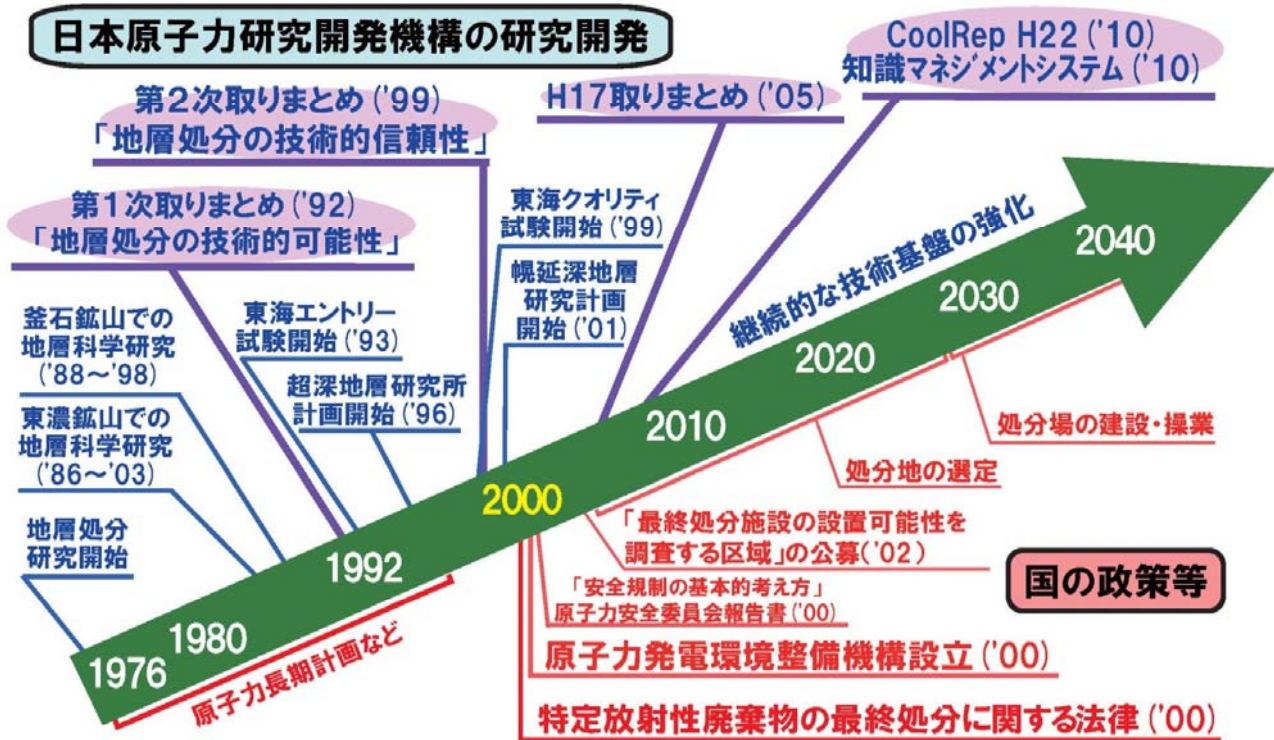
3

地層処分において考慮すべき自然現象



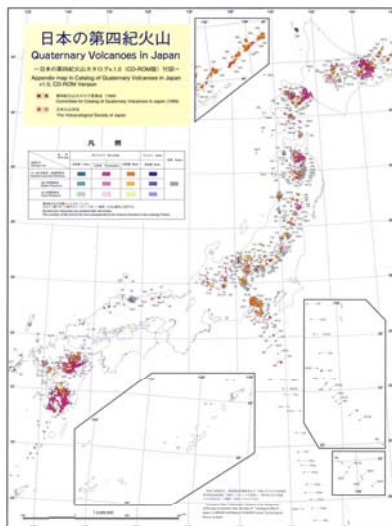
4

地層処分計画の進展

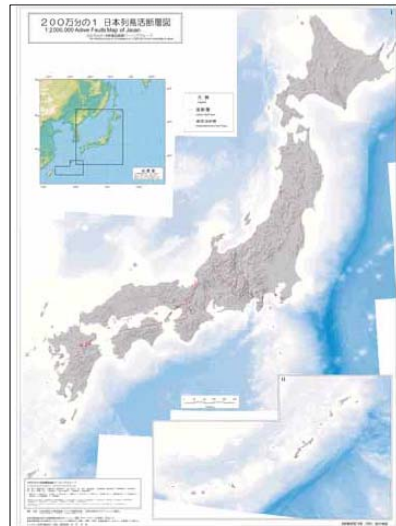


以降で日本原子力研究開発機構がこれまでに取り組んできた研究の一部を紹介します。 5

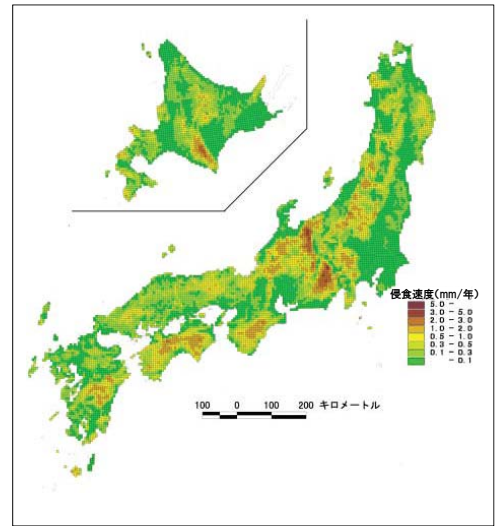
全国レベルでの自然現象のデータベースの作成



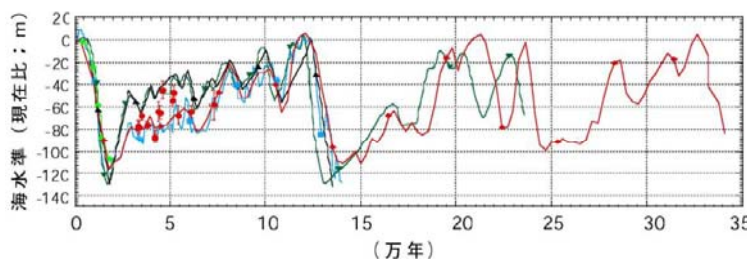
日本の第四紀火山カタログ
(日本火山学会, 1999)



日本列島活断層図
(活断層研究, 2000)



全国の侵食速度の布図
(藤原ほか, 1999)



有孔虫化石の $\delta^{18}O$ 値より (Shakleton, 1987)
ヒュオン半島の海岸段丘の高度より (Chappel and Shakleton, 1986)
ヒュオン半島の海岸段丘の高度より (Shakleton, 1987)
ヒュオン半島の海岸段丘の高度より (Chappell et al., 1995)
カリブ海、バルバドス島の海岸段丘の高度より (Branchon and Shaw, 1995)
有孔虫化石の $\delta^{18}O$ 値より (Chappell, 1994)

35万年前以降の海水準変動
(核燃料サイクル開発機構, 1999)

地質環境の長期安定性に関する研究の目標と反映先

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情報を整備するための技術

② 長期予測・影響評価モデルの開発

将来の自然現象による地質環境の変動の幅を予測・評価するための手法の整備

⇒ 地層処分システムの安全評価に必要な技術

③ 年代測定技術の開発

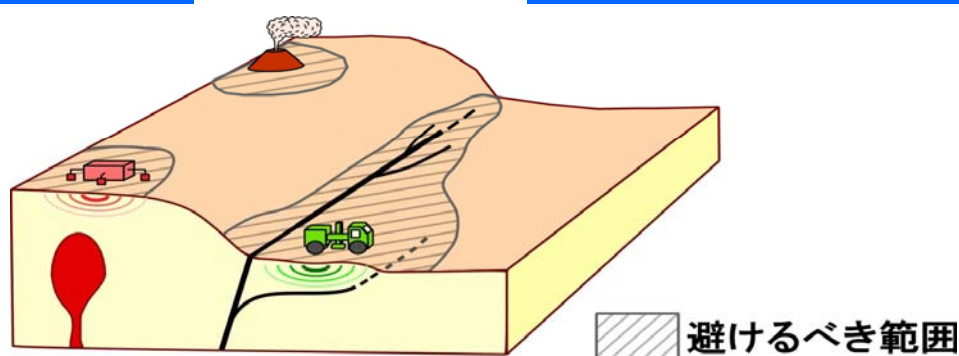
①, ②の信頼性を向上するための技術基盤としての編年技術の高度化

7

① 調査技術の開発・体系化の研究事例

地下深部のマグマ・高温流体等に関する調査技術

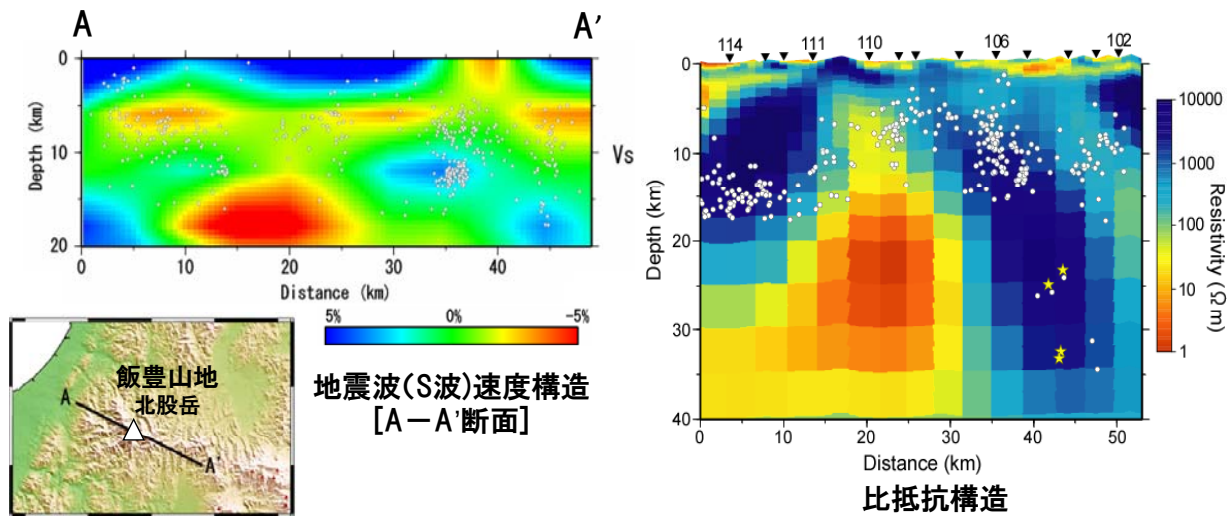
変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術



概要調査等に基づくサイト選定のイメージ

地下深部のマグマ・高温流体等に関する調査技術

いいで 飯豊山地の例

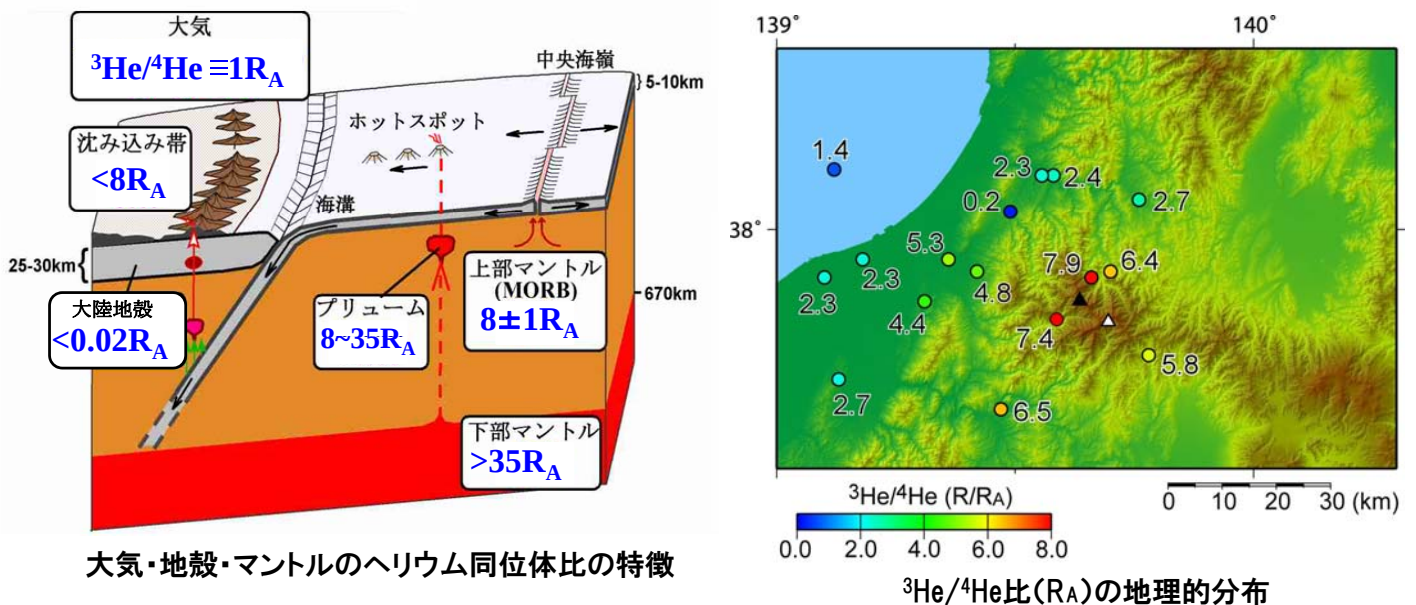


- 北股岳の地下15km以深には地震波低速度体と低比抵抗体が存在
- これらの異常体の上面は地殻内地震のcut-off depthと調和的

飯豊山地の地下には400℃以上の高温の流体が存在することを示唆

9

地下深部のマグマ・高温流体等に関する調査技術



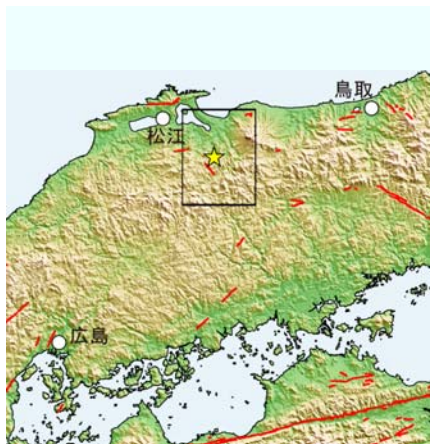
飯豊山地周辺の温泉ガスのヘリウム同位体比は、
東北日本の火山ガスの同位体比と同程度の値

この地域の温泉の熱源はマグマであると考えられる。

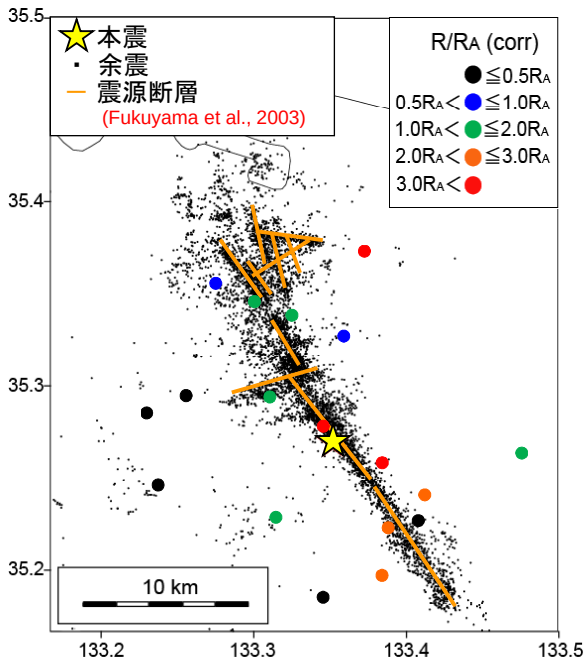
10

変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術

2000年鳥取県西部地震(M_j 7.3) の震源域の例



国土地理院「数値地図250mメッシュ」を基に作成

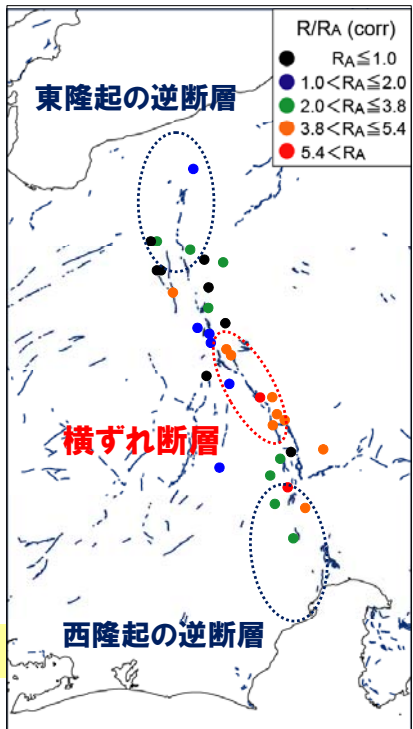
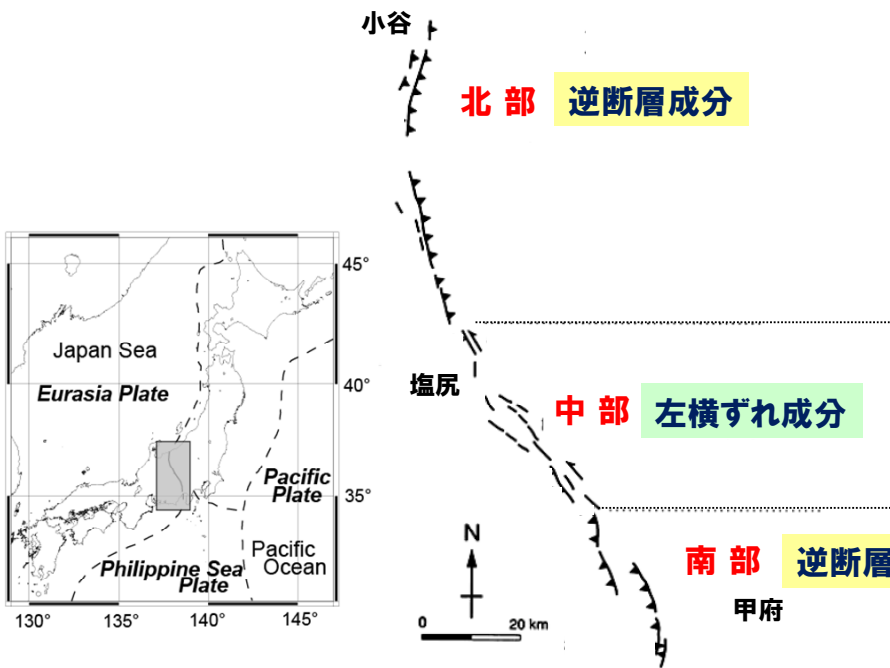


地下水中の溶存ガスのHe同位体比の分布
(Umeda and Ninomiya, 2009)

変動地形が明瞭でない活断層の地球化学的な調査技術として有効性を示唆

変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術

糸魚川－静岡構造線の例



地下水・温泉ガス中のヘリウム同位体比の分布(Umeda et al., 2011)

北部・南部の逆断層に比べて中部の横ずれ断層周辺で特に高い値

地質環境の長期安定性に関する研究の目標と反映先

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情報を整備するための技術

② 長期予測・影響評価モデルの開発

将来の自然現象による地質環境の変動の幅を予測・評価するための手法の整備

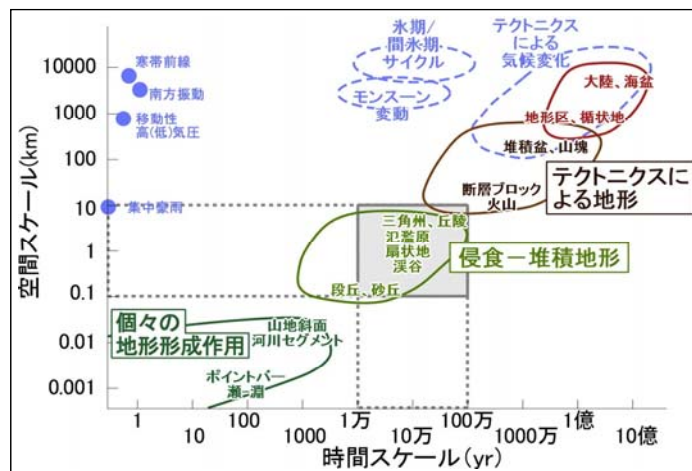
⇒ 地層処分システムの安全評価に必要な技術

③ 年代測定技術の開発

①, ②の信頼性を向上するための技術基盤としての編年技術の高度化

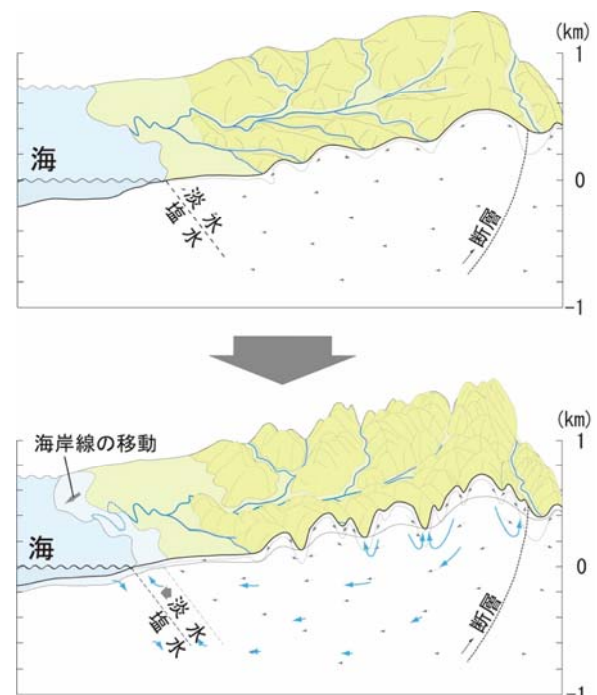
13

②長期予測・影響評価モデルの開発の研究事例



(Tricart, 1965; Chorley et al., 1984; Meyer et al., 1992を改変)

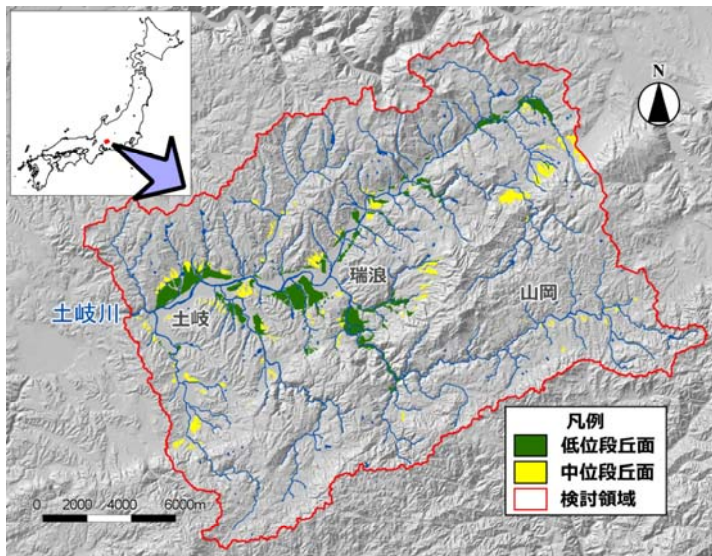
気候変動と地形変化の時間・空間スケール



地形が地下水流動に与える影響（模式図）

14

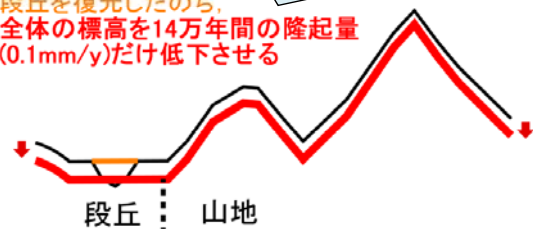
地形変化シミュレーション技術の開発



解析領域内の河成段丘分布

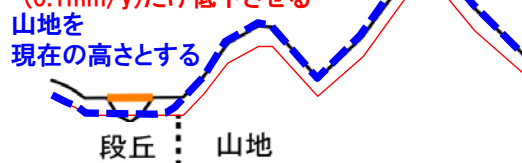
山地の侵食がほとんど無く、
隆起のみを続けてきたケース

段丘を復元したのち、
全体の標高を14万年間の隆起量
(0.1mm/y)だけ低下させる



ケース① (隆起量 $\gg$ 侵食量 $\approx$ 0m)

段丘を復元したのち、
全体の標高を14万年間の隆起量
(0.1mm/y)だけ低下させる

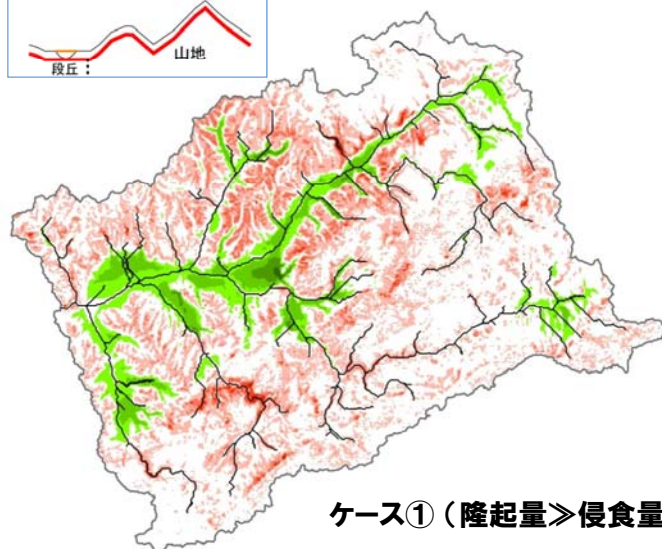
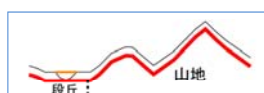


ケース② (隆起量=侵食量)

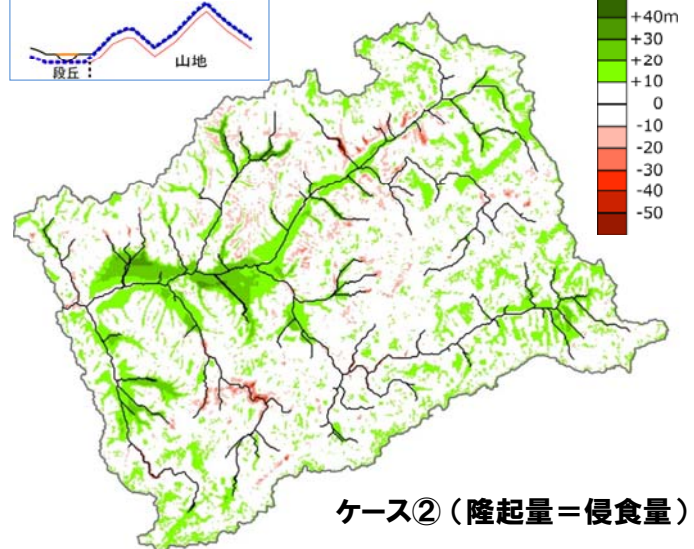
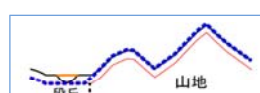
山地の侵食速度と隆起速度がほぼ等しく、
山地の高度が変化していないケース

15

地形変化シミュレーション技術の開発



ケース① (隆起量 $\gg$ 侵食量)



ケース② (隆起量=侵食量)

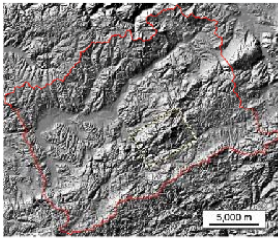
14万年間の地形変化シミュレーションの結果と実際の地形との高度差

16

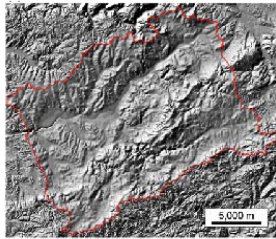
地形変化を考慮した地下水流動解析手法の開発

将来の地形変化をシミュレート → 地下水流動解析 → 変動幅の把握

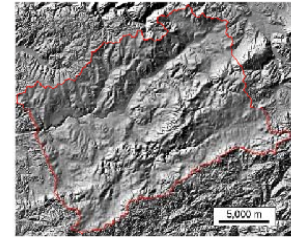
現在



5 万年後



12 万年後



地形変化シミュレーションの結果

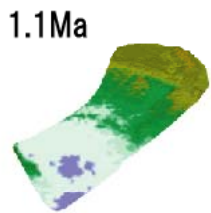
核燃料サイクル開発機構 (2005)

過去～現在の地形変化 → 地下水流動解析 → 過去～現在の地下水流動特性の変動傾向を将来へ外挿して変動幅を推定

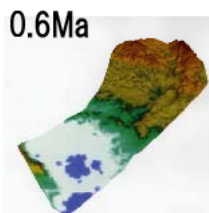
1.5Ma



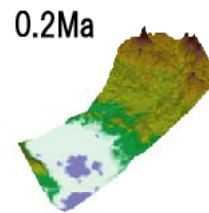
1.1Ma



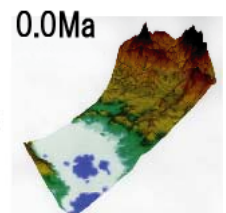
0.6Ma



0.2Ma



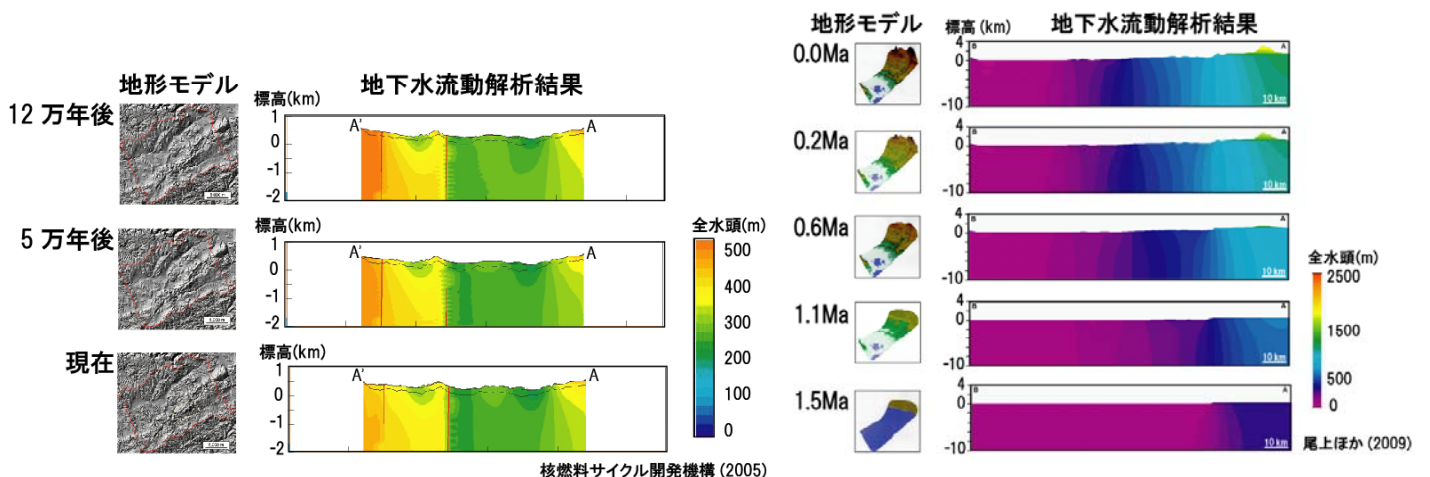
0.0Ma



既存情報に基づいて作成した過去から現在の概括的な地形変化モデル

17

地形変化を考慮した地下水流動解析手法の開発



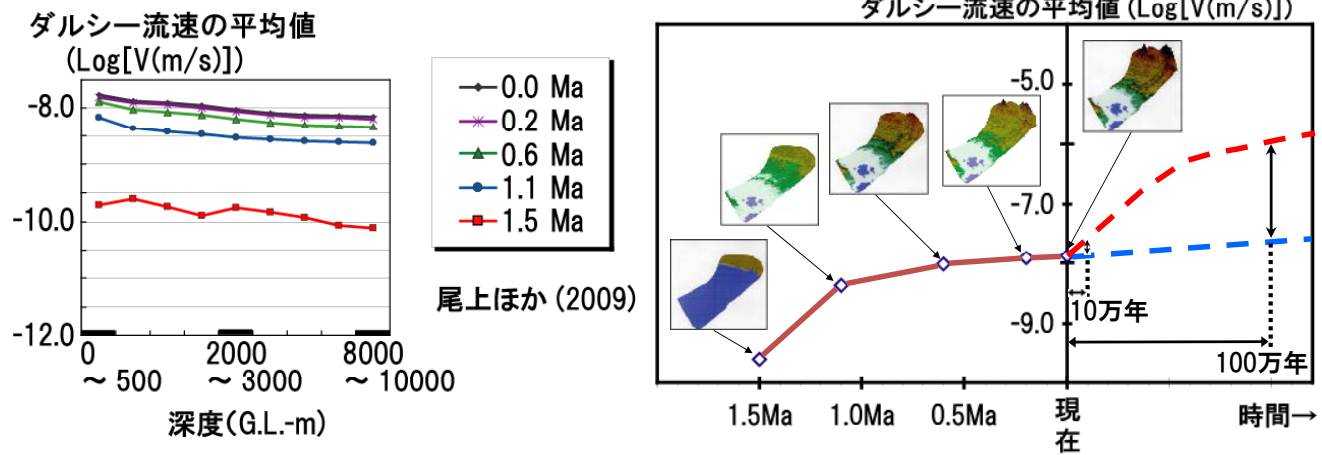
地形変化シミュレーション結果
+
地下水流動解析

過去～現在の地形変化モデル
+
地下水流動解析

将来の地質環境の変動幅を予測するための評価手法

18

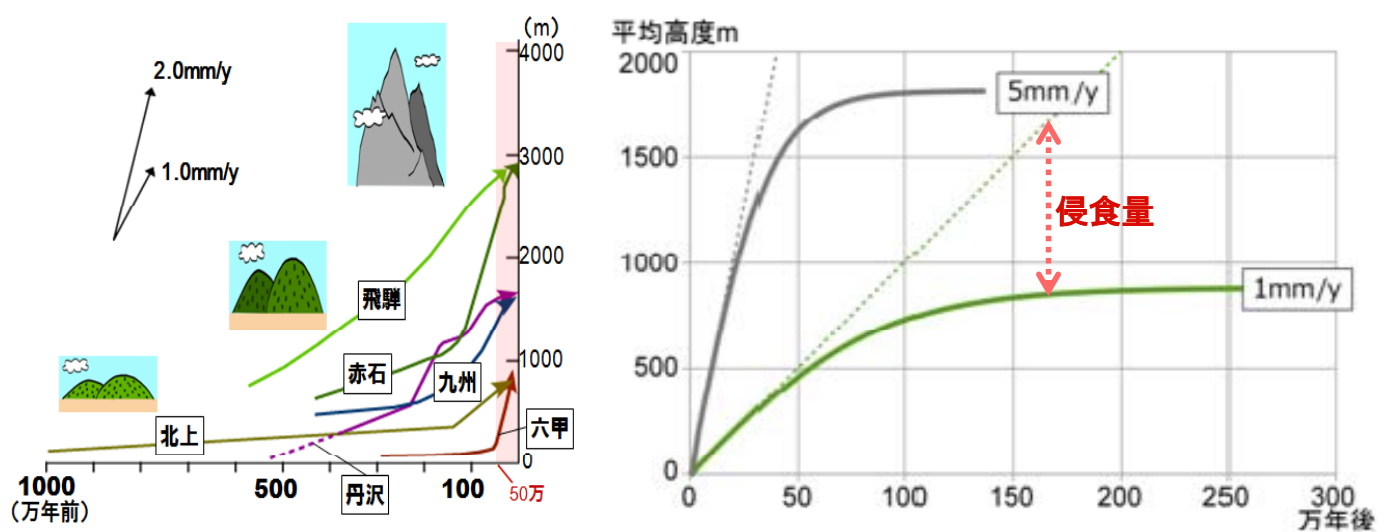
超長期における予測・評価手法に関する検討



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

19

超長期における予測・評価手法に関する検討



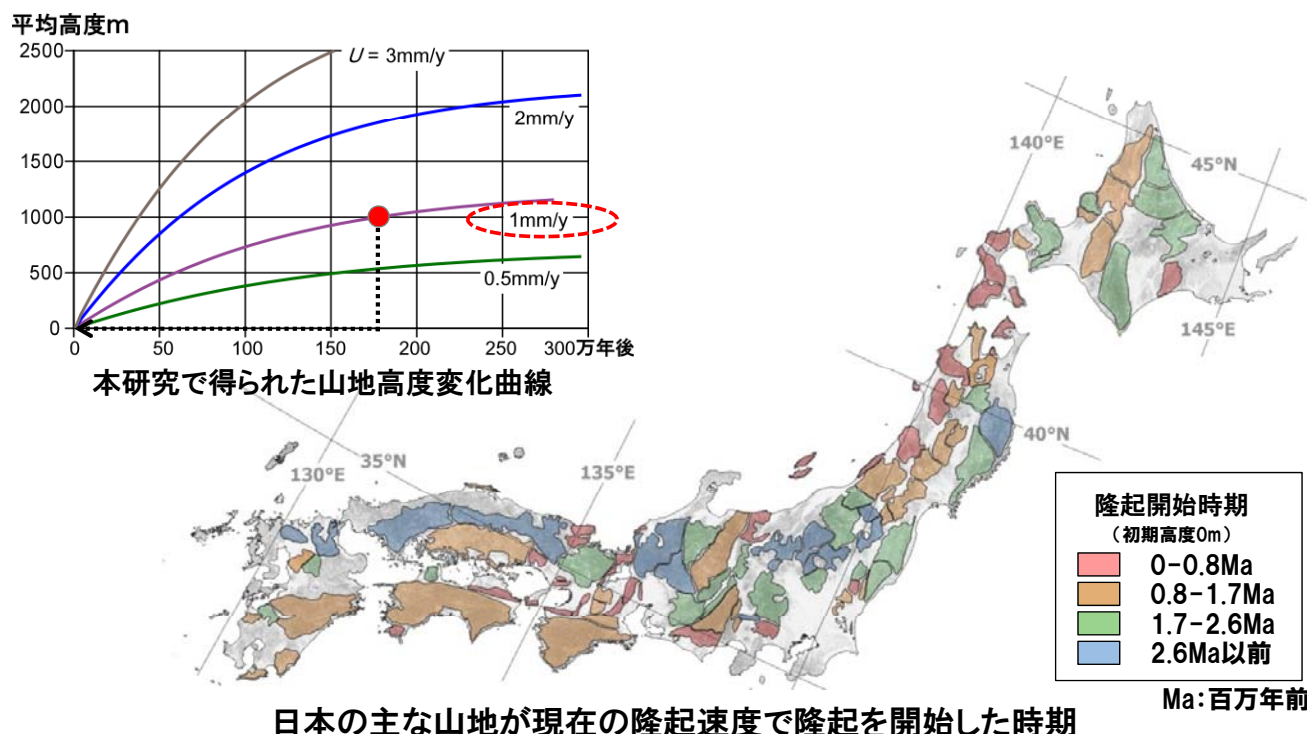
代表的な山地の成長曲線
(町田・鎮西, 2001を改変)

隆起速度一定のもとでの山地高度の変化曲線
(Ohmori, 1978 を参考)

長期的な地質環境の変化を検討する際には
テクトニクスの変換期を考慮することが重要

20

超長期における予測・評価手法に関する検討



地質学的現象の超長期の予測結果(変動幅等)を地層処分の安全評価にどのように反映していくかを検討することが必要

21

地質環境の長期安定性に関する研究の目標と反映先

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情報を整備するための技術

② 長期予測・影響評価モデルの開発

将来の自然現象による地質環境の変動の幅を予測・評価するための手法の整備

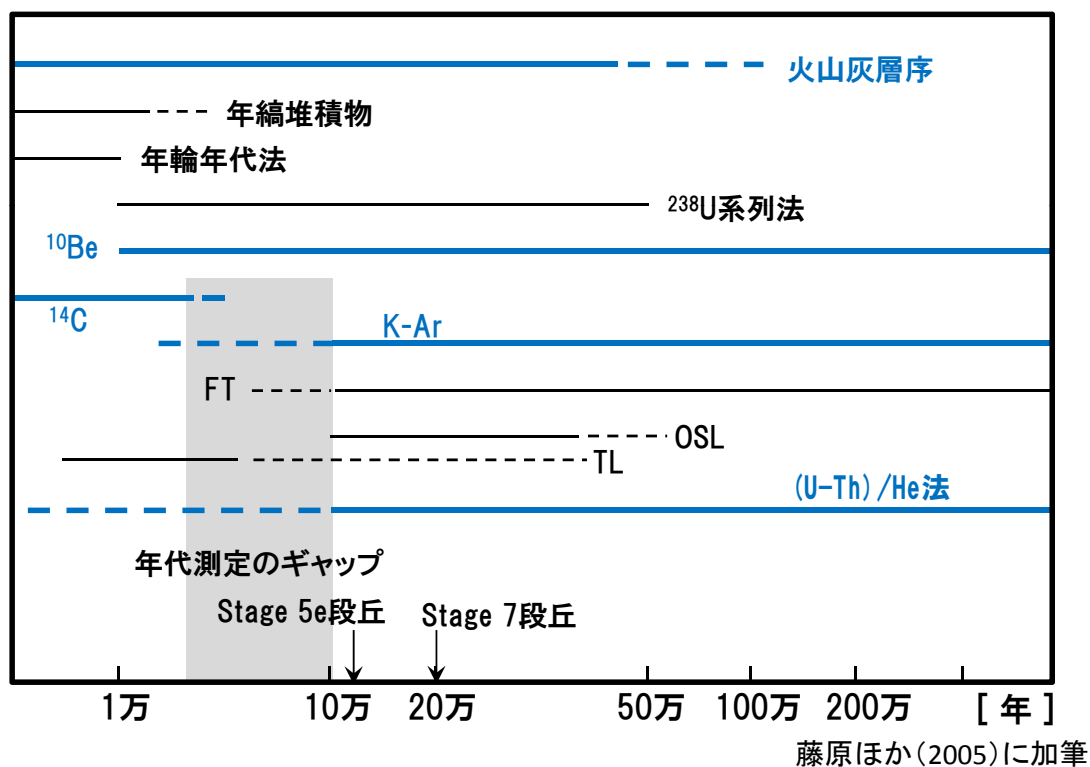
⇒ 地層処分システムの安全評価に必要な技術

③ 年代測定技術の開発

①, ②の信頼性を向上するための技術基盤としての編年技術の高度化

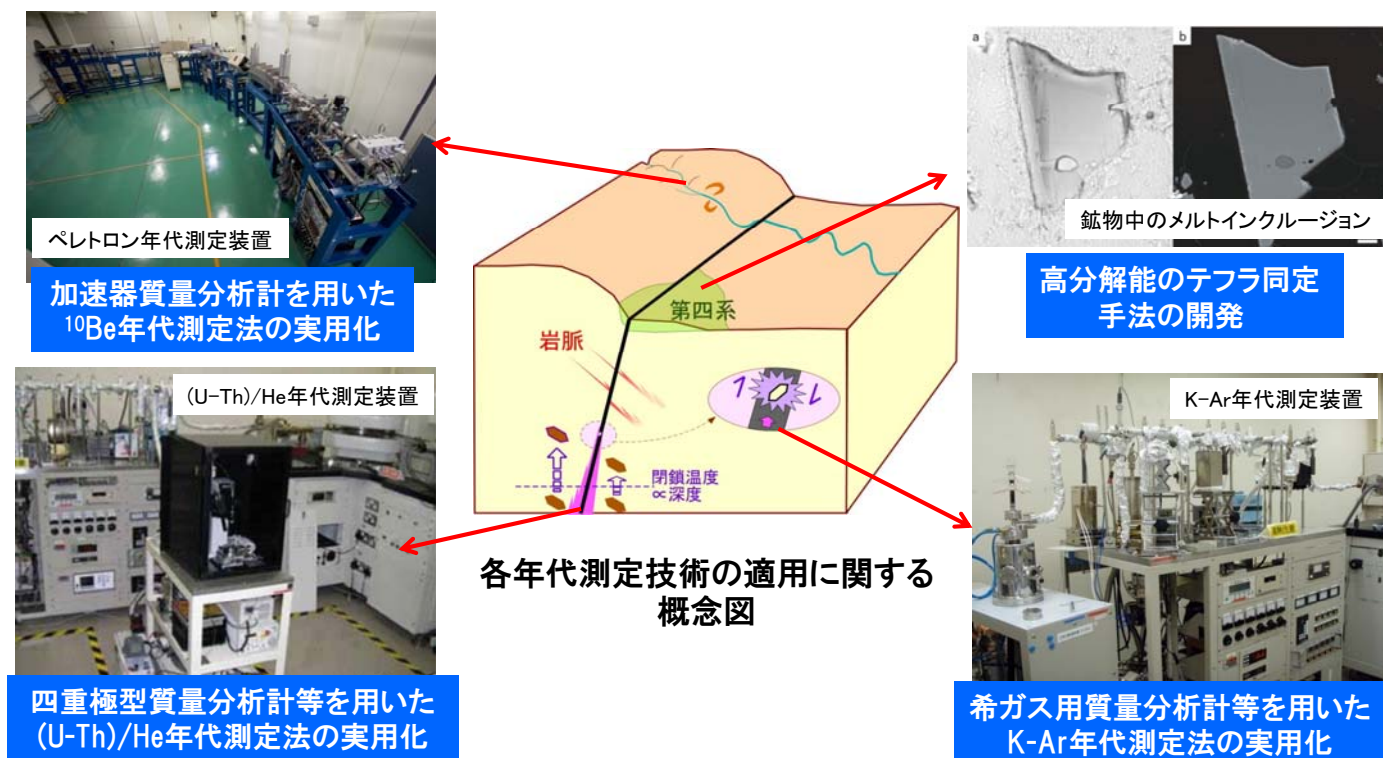
22

第四紀堆積物の年代測定手法の適用年代



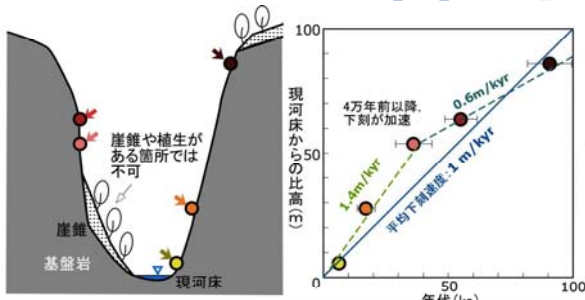
23

年代測定技術の開発



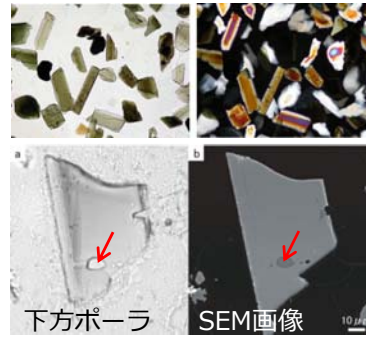
24

年代測定技術の開発



^{10}Be 年代を用いた河川沿いでの下刻速度の推定のイメージ

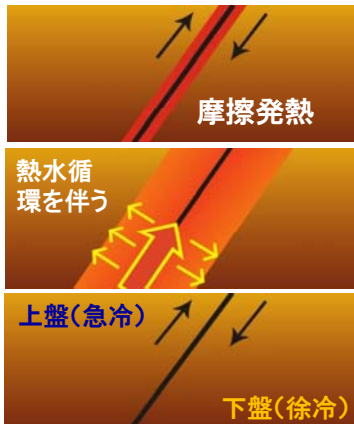
加速器質量分析計を用いた ^{10}Be 年代測定法の実用化



ガラスが認められない
中期更新世テフラ

ホルンブレイト中の
メルトインクルージョン(↓)

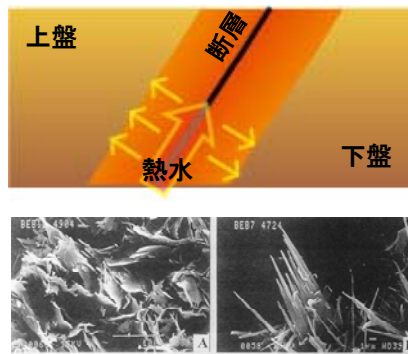
高分解能のテフラ同定手法の開発



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

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



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)

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

25

現在取り組んでいる研究課題(H22~26)

① 調査技術の開発・体系化

- 変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術
- 断層の発達段階の評価に係る調査技術
- 地下で遭遇した断層の活動性に係る調査技術
- 地殻内の震源断層等に係る調査技術
- 内陸部の隆起・侵食速度の算出に係る調査技術

② 長期予測・影響評価モデルの開発

- 地形変化シミュレーション技術の高度化
- 地質断層の再活動等に係るシミュレーション技術
- 地殻変動に伴う熱水活動の形成に係るモデルの開発
- 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

③ 年代測定技術の開発

- 加速器質量分析計を用いた ^{10}Be 年代測定法の実用化
- 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
- 希ガス質量分析計等を用いた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

計画・成果の詳細は報告書をご覧ください。

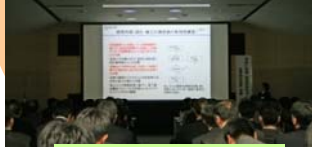


http://www.jaea.go.jp/04/tono/antei/seika_01.html

終わりに

成果の公表

成果報告書



情報・意見交換会



施設見学

安全規制

処分事業

国民

ニーズの把握と成果の反映

研究開発
信頼性
透明性
効率性

施設の公開

地域との共生

研究協力 施設の提供

関係機関との研究協力
(写真: 産総研との共同研究)



実験教室



高校等への講師派遣

