2013年度バックエンド週末基礎講座

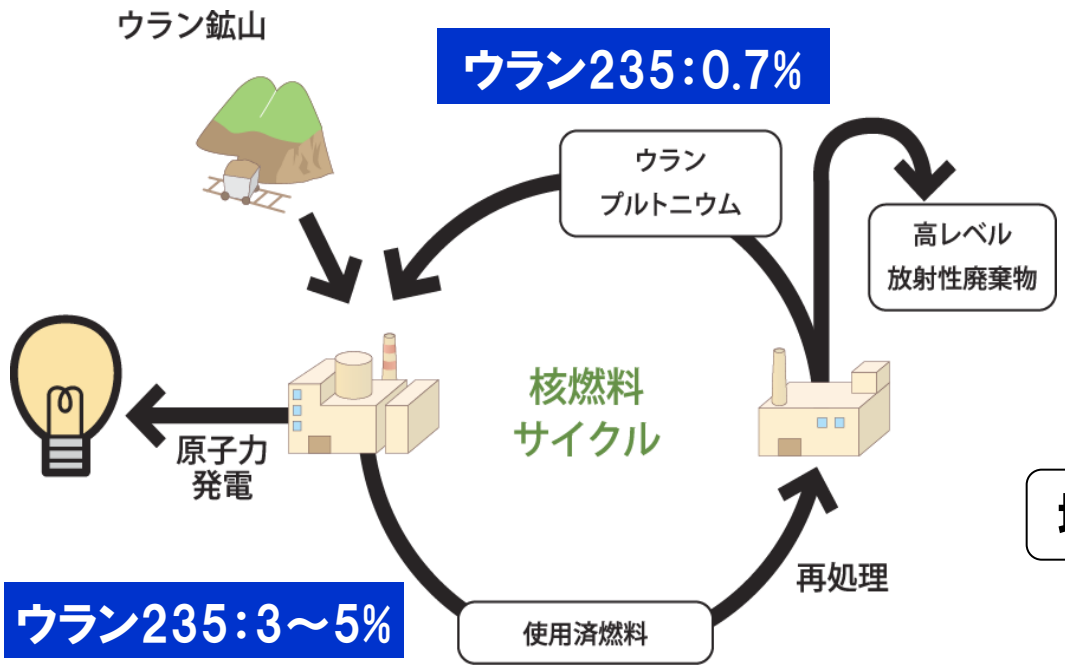
地層処分と地質環境の長期安定性

平成25年10月27日（於:四高記念文化交流館）

（独）日本原子力研究開発機構　地層処分研究開発部門

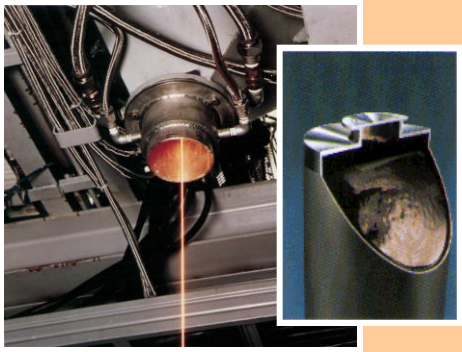
梅 田　浩 司

核燃料サイクルと高レベル放射性廃棄物の地層処分

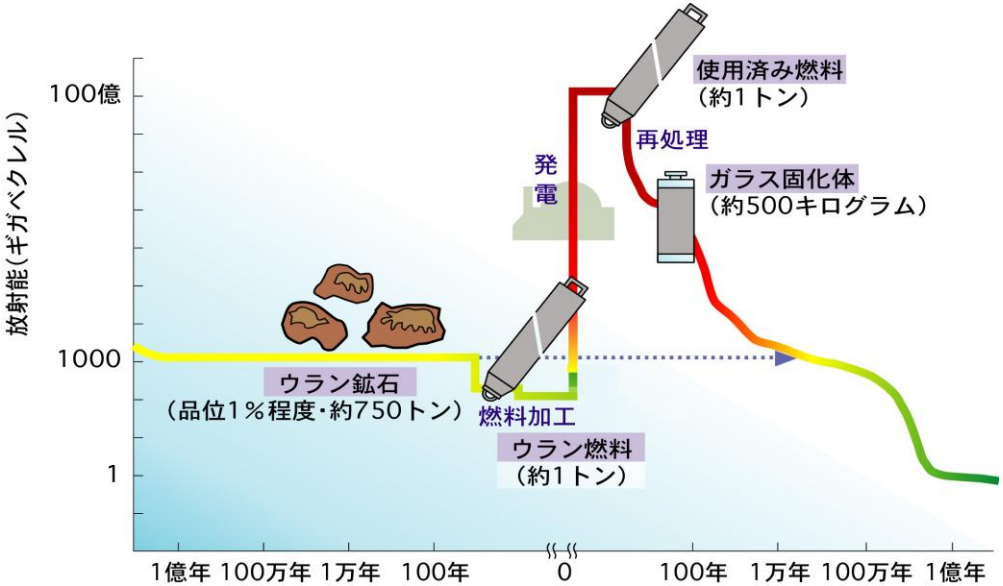


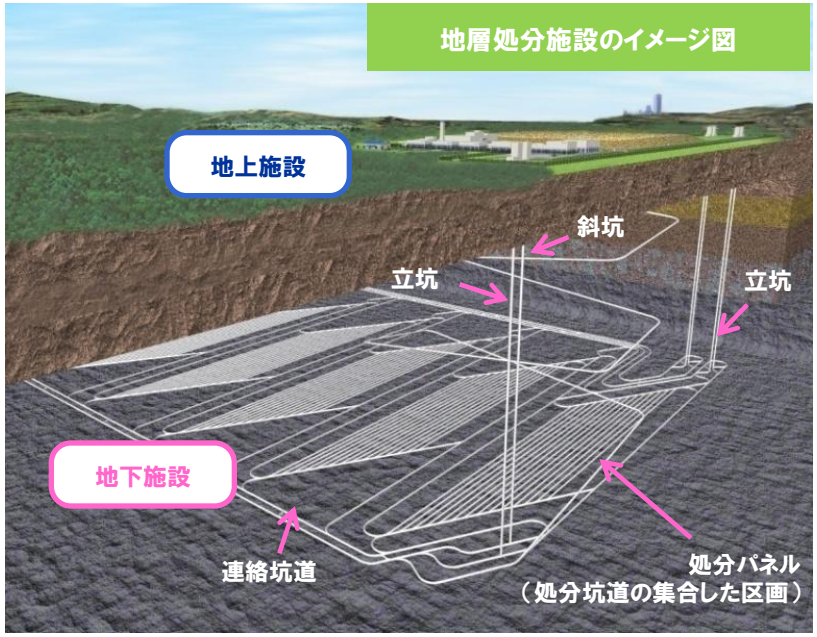
ストロンチウム90
コバルト60
セシウム135
セレン79
ネプツニウム237など

ガラス固化



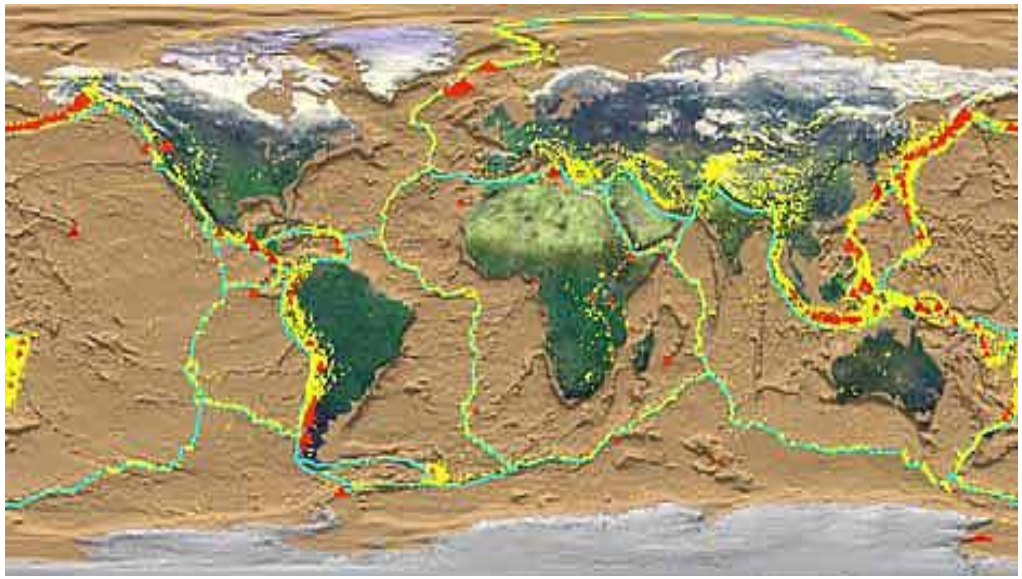
地下300m以深の地層の中に埋めて処分





出典:原子力発電環境整備機構(NUMO)

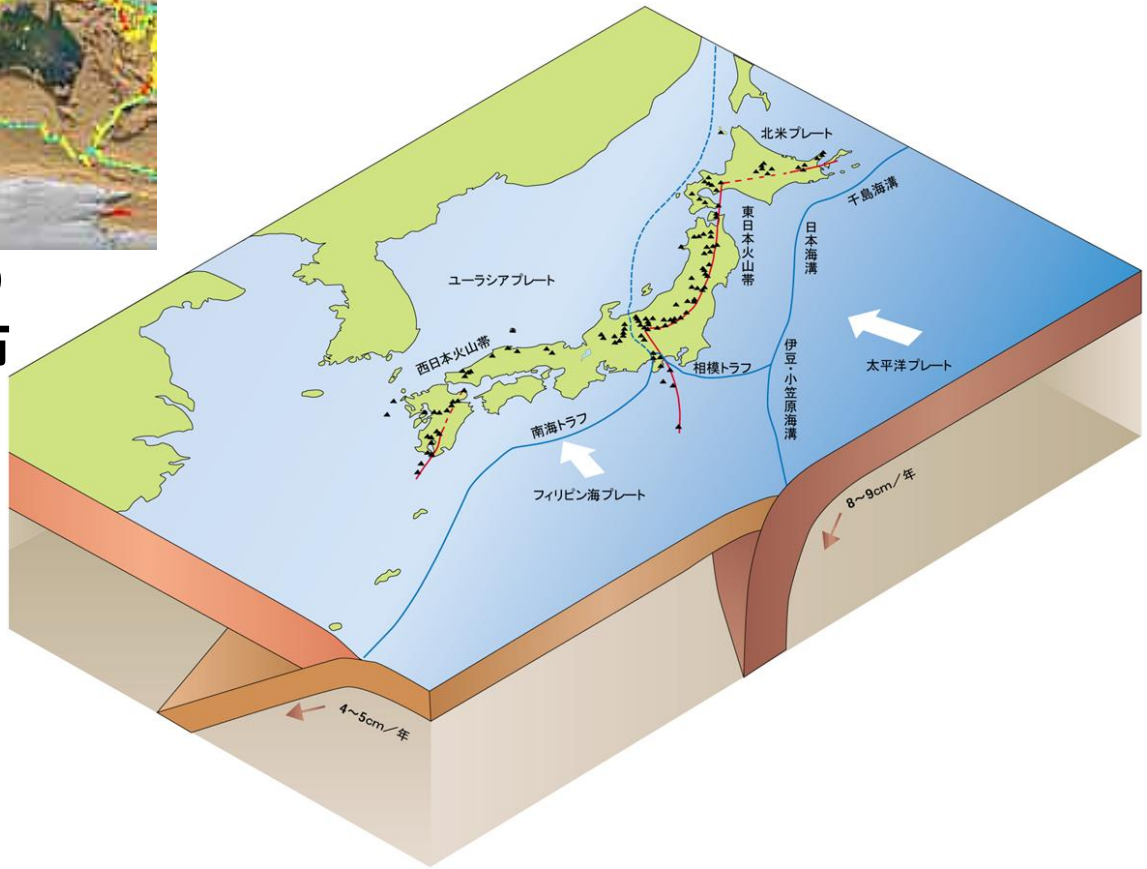
環太平洋造山帯に位置する日本列島



地球上のプレート境界と地震(●)
・火山(●)の分布

日本付近で発生する地震のエネルギーは、世界中で起きている地震のエネルギーの約10%にもなる。また，世界中の活火山のうちの1割が日本に存在する。

日本列島周辺のプレートの配置

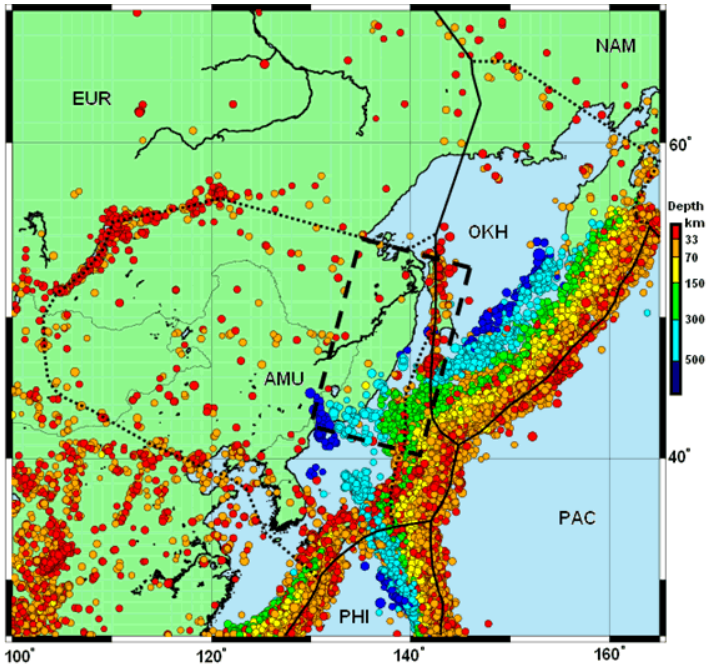


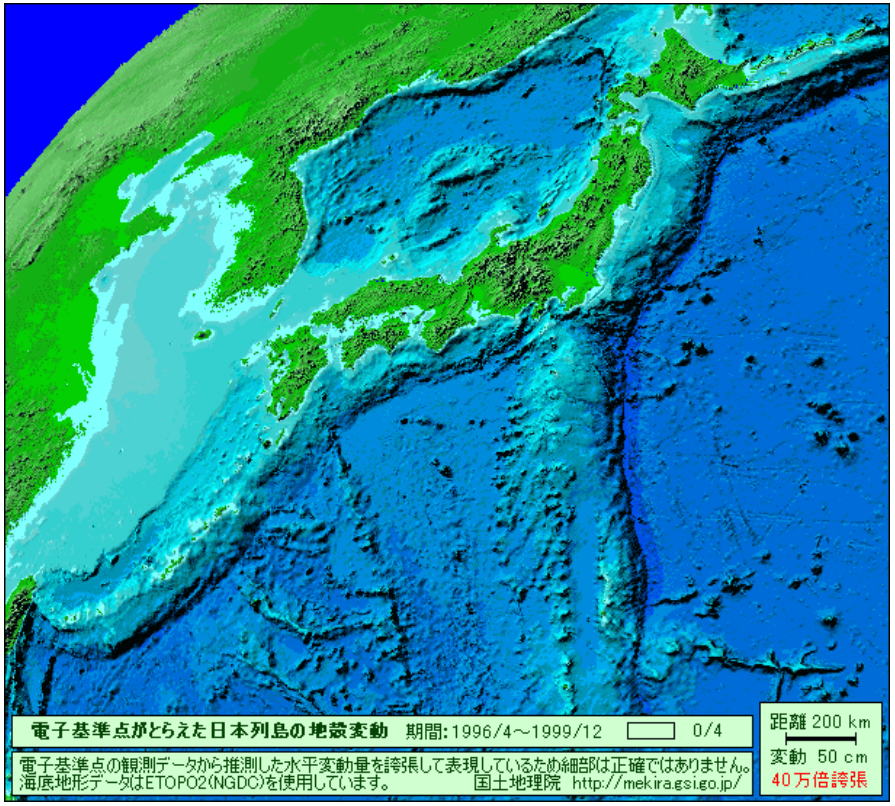
プレート運動と圧縮テクトニクス

【第四紀テクトニクスの特徴】（松田・衣笠，1988）

第四紀は新第三紀（数～10数Ma）に比べて特異な時代である。

①増起伏,②陸化,③断裂，④高変形速度→圧縮テクトニクス→→プレート衝突





日本列島の第四紀の地殻変動は，それまでの太平洋・フィリピン海プレートの北西～西方向への沈み込みに加えて，第四紀初頭に開始したアムールプレートの東方向の運動が関連していると考えられている。

＊1996年4月～1999年12月のGPSで観測された日本列島の地殻変動（変動を40万倍に誇張：120万年間に相当）

我が国における地層処分の安全確保の考え方

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

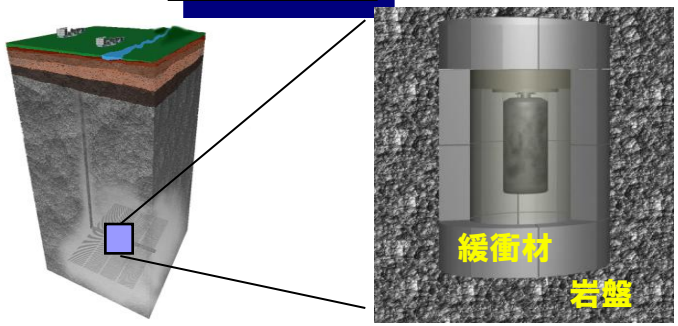
・人間環境との離間距離の短縮
例）マグマ貫入・噴火，急激な削剥
（接近シナリオ）

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
例）地殻変動に伴う地形変化
（変動シナリオ）

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）



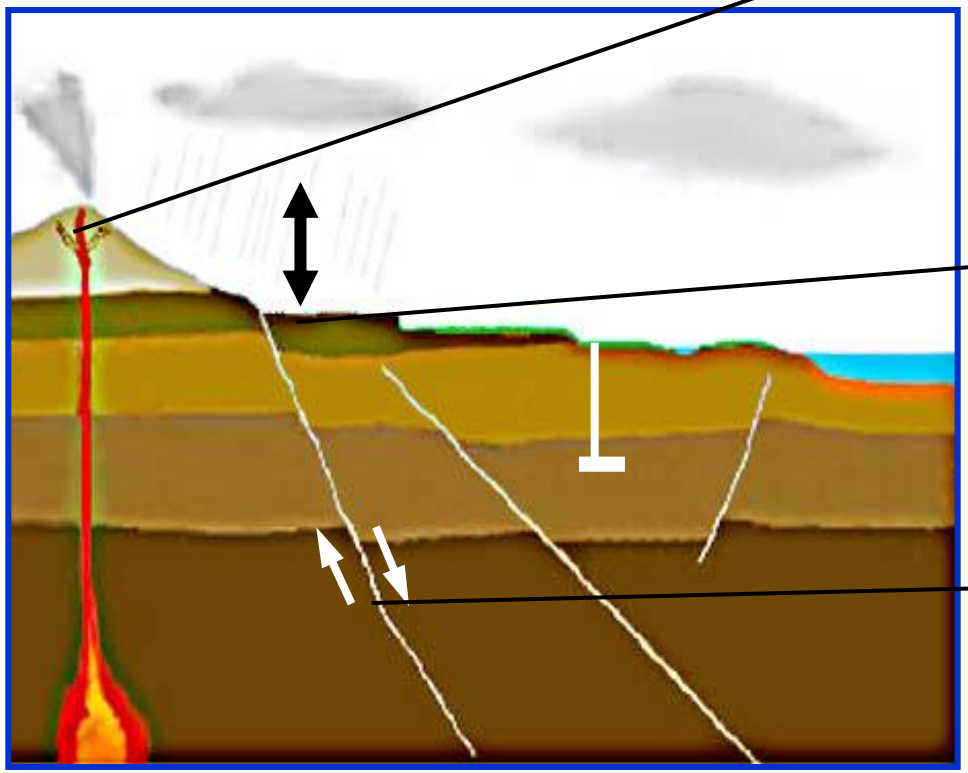
想定される自然現象の変動を見込んで処分施設を適切に設計・施工および長期的な安全性を評価
（工学的対策）

地層処分システムが備えるべき性能を確保

安全性の確認

構築された地層処分システムの安全性を評価（安全評価）

地層処分において考慮すべき自然現象



【火山・地熱活動】
・マグマの貫入・噴出による廃棄体の破壊
・地温上昇・熱水対流の発生，熱水・火山ガスの混入による地下水の水質変化 等

【隆起・侵食／気候・海水準変動】
・処分施設及び廃棄体の地表への接近
・地下水の流動特性や水質の変化による放射性物質の移行 等

【地震・断層】
・岩盤の破断・破砕による処分施設及び廃棄体の破損
・岩盤の破断・破砕による地下水移行経路の形成，岩盤歪に起因する地下水圧の変化 等

（原子力委員会バックエンド対策専門部会，1997）

地層処分研究開発の展開と成果の反映

地層処分研究開発の開始(1976年)

地層処分の技術的可能性(第1次取りまとめ(1992年9月))

地層処分の技術的信頼性(第2次取りまとめ(1999年11月))

原子力長期計画(2000年11月)等

地層処分技術の信頼性向上等(基盤的な研究開発)

成果

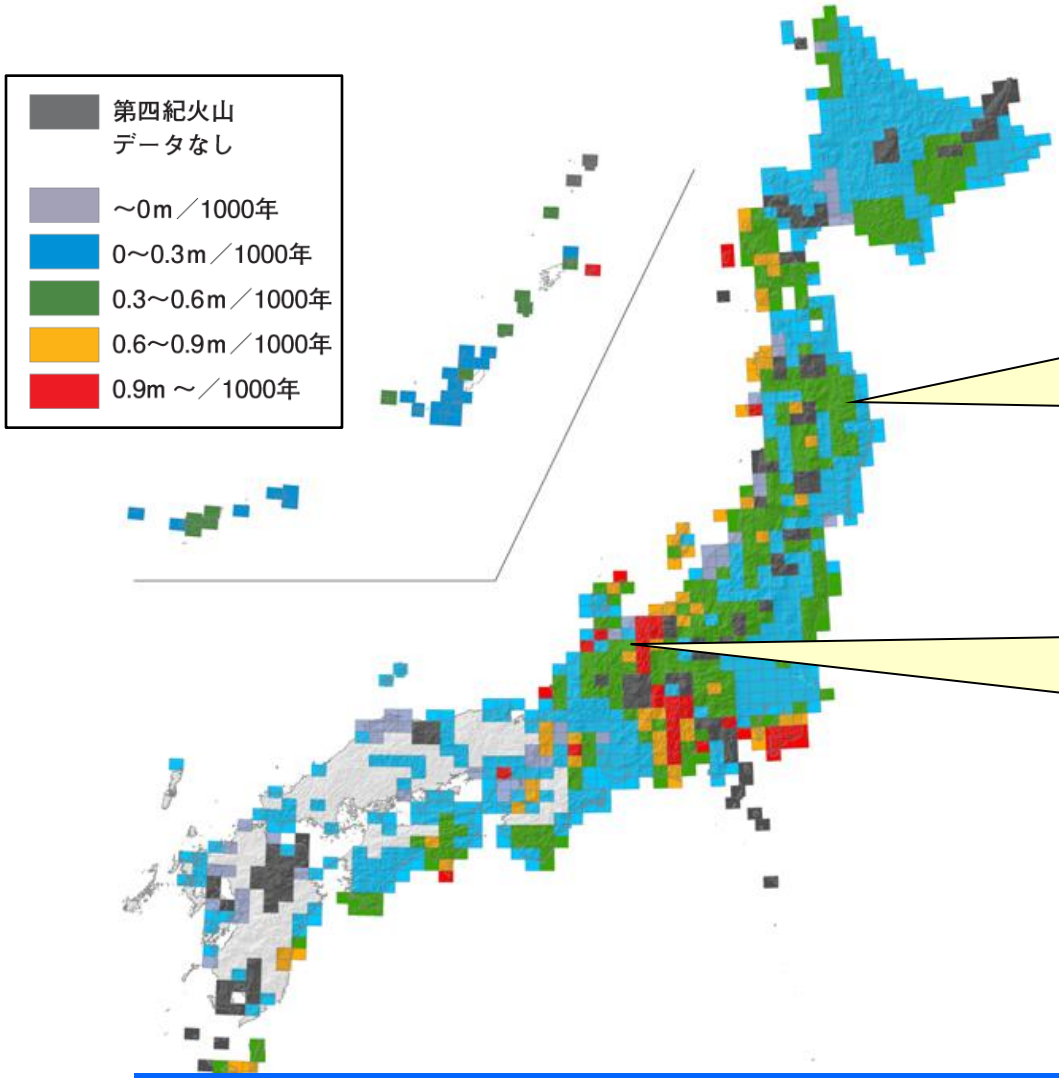
処分事業

- 最終処分法制定
- 原環機構設立
- 概要調査地区等の選定

安全規制

- 安全規制の基本的考え方
- 指針・基準等の策定

日本列島の隆起・沈降運動の特徴

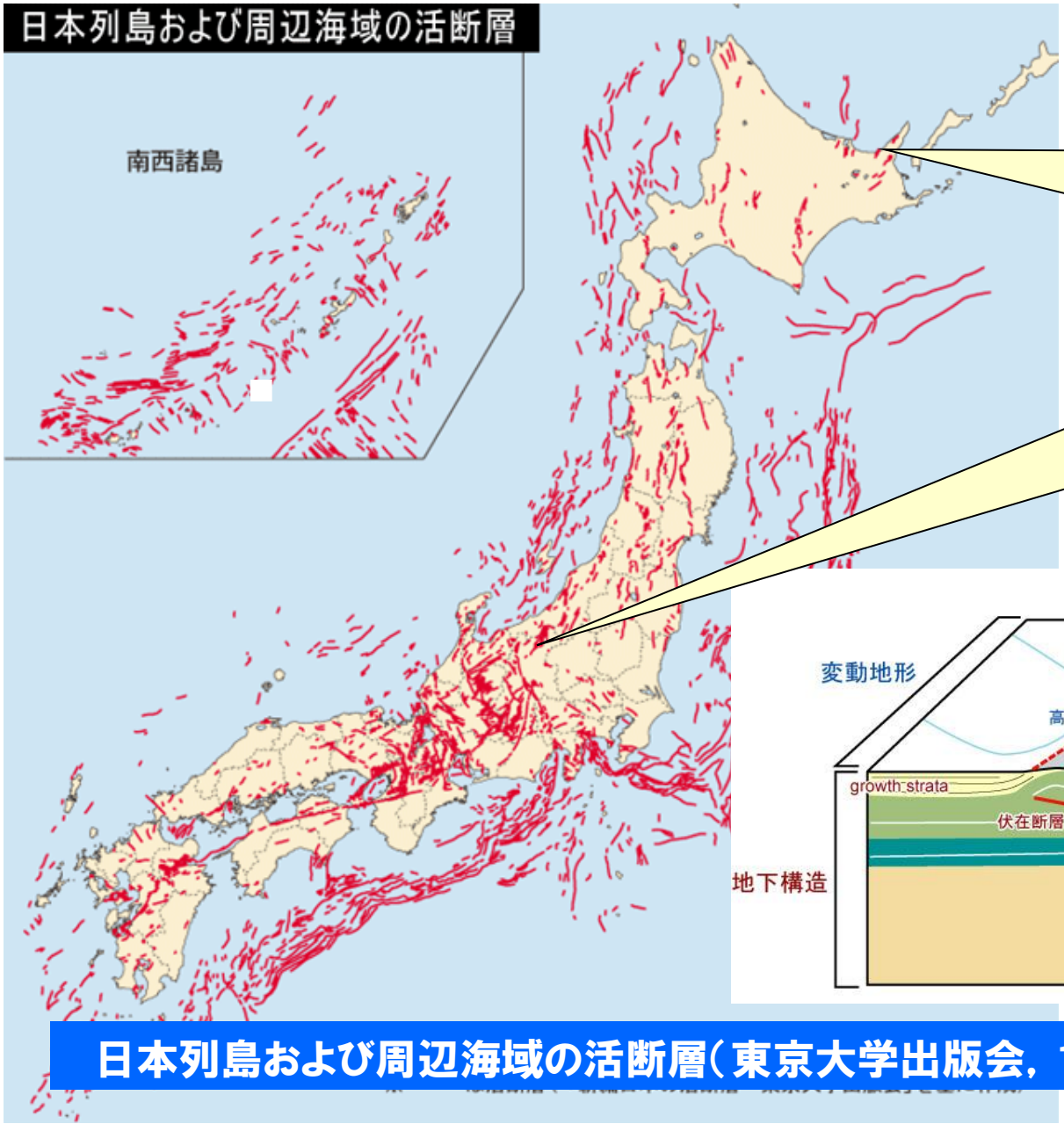


沿岸地域では，一般に隆起速度は，0.2～0.4 mm/yr.（20～40 m/100,000 yr.）程度である。

脊梁山脈，房総南部，飛騨山地，赤石山地等では隆起速度が1mm/yr.を超える。

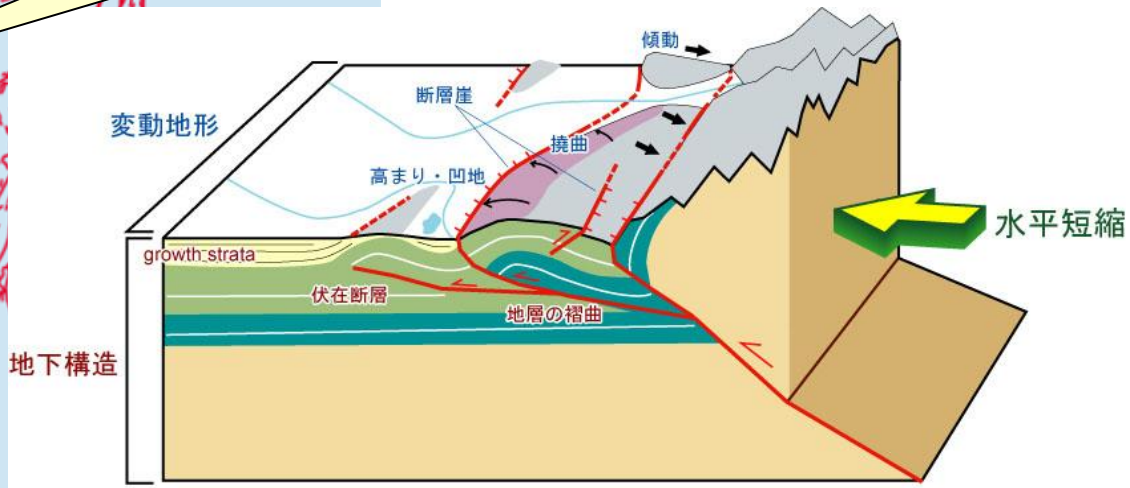
日本列島の最近10万年間の隆起速度（藤原ほか，2004）
海成段丘・河成段丘堆積物の年代および段丘面の比高から計算した。

日本列島の断層運動の特徴



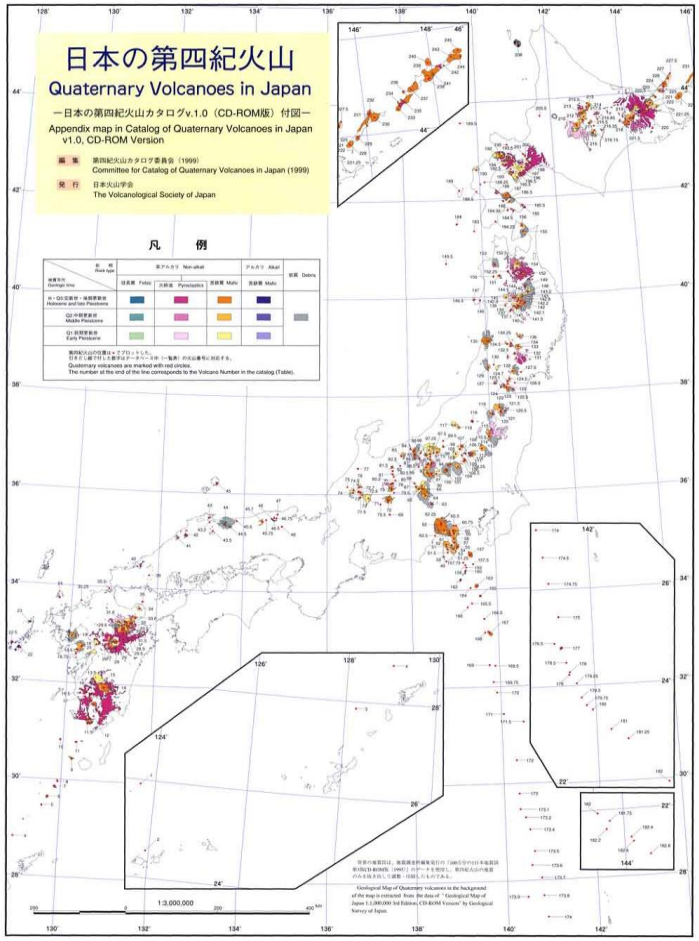
北海道北東部，太平洋沿岸，中国地域では，分布密度が小さい。

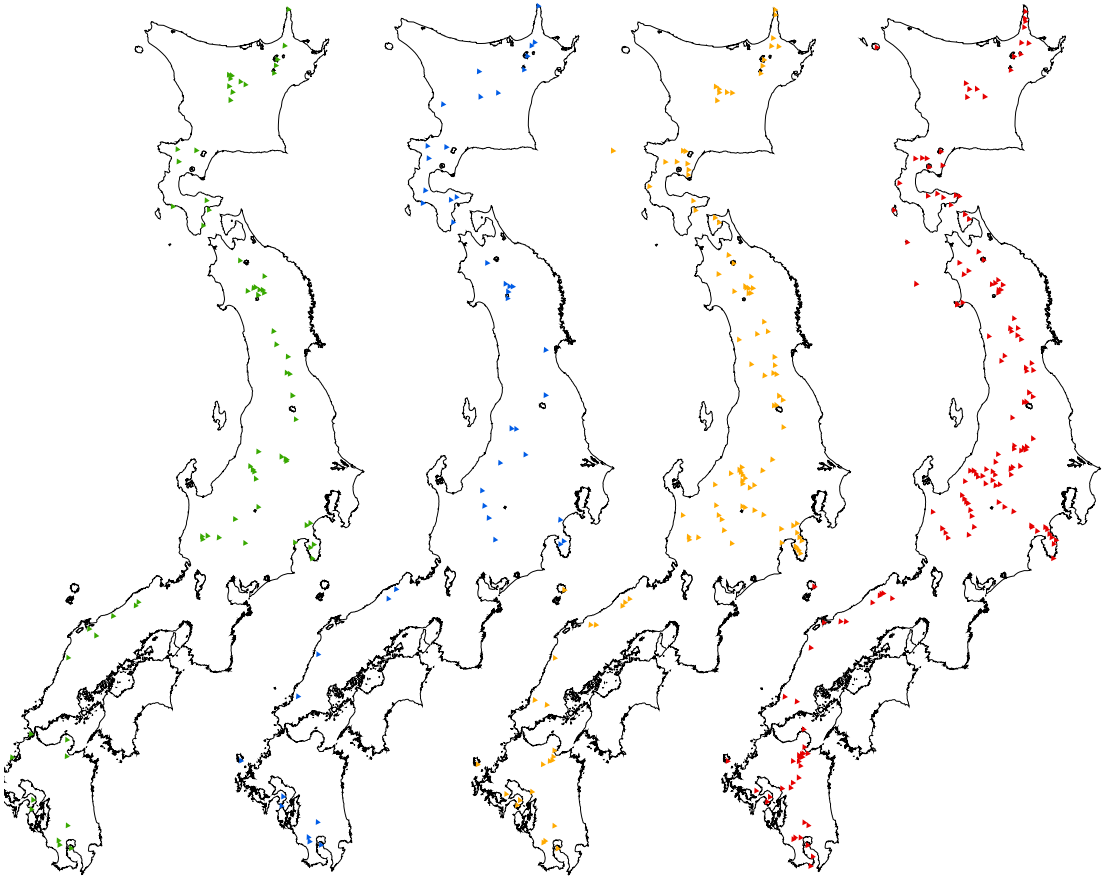
脊梁山脈，房総～伊豆地域，飛騨山地，中央構造線周辺地域等では，分布密度が大きい。



日本列島および周辺海域の活断層（東京大学出版会，1991）と水平短縮に伴う逆断層

日本列島の火山活動の特徴





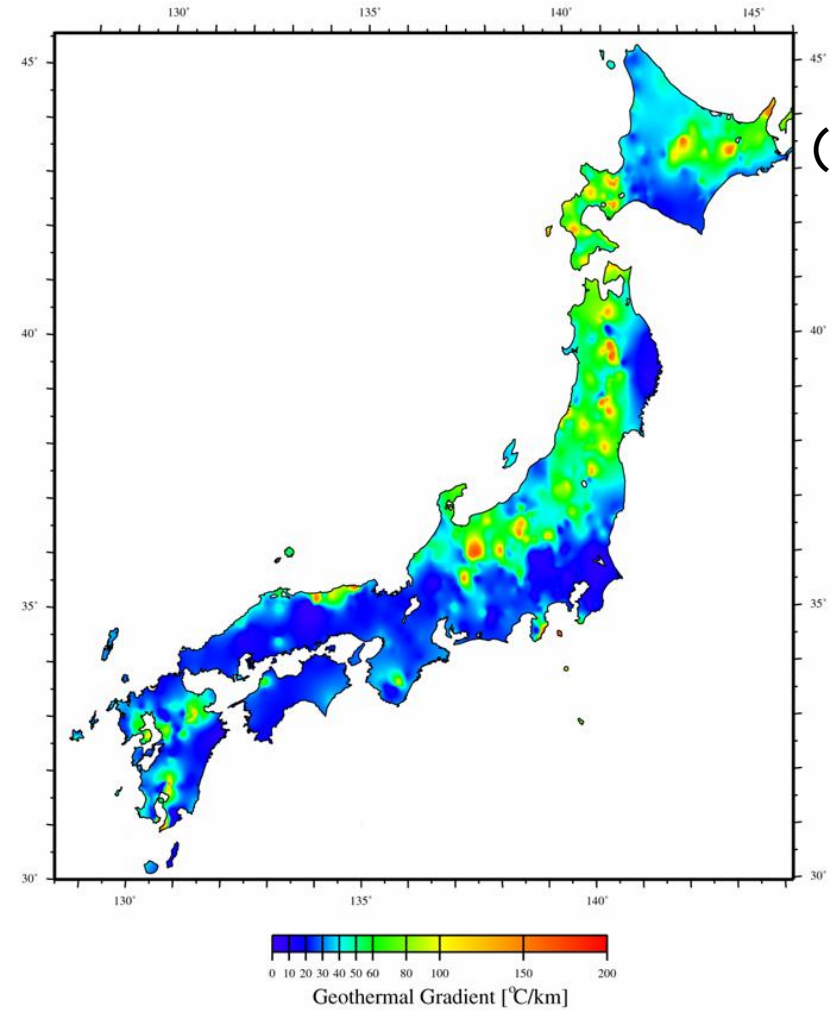
200～150万年前　150～100万年前　100～50万年前　50万年前～現在

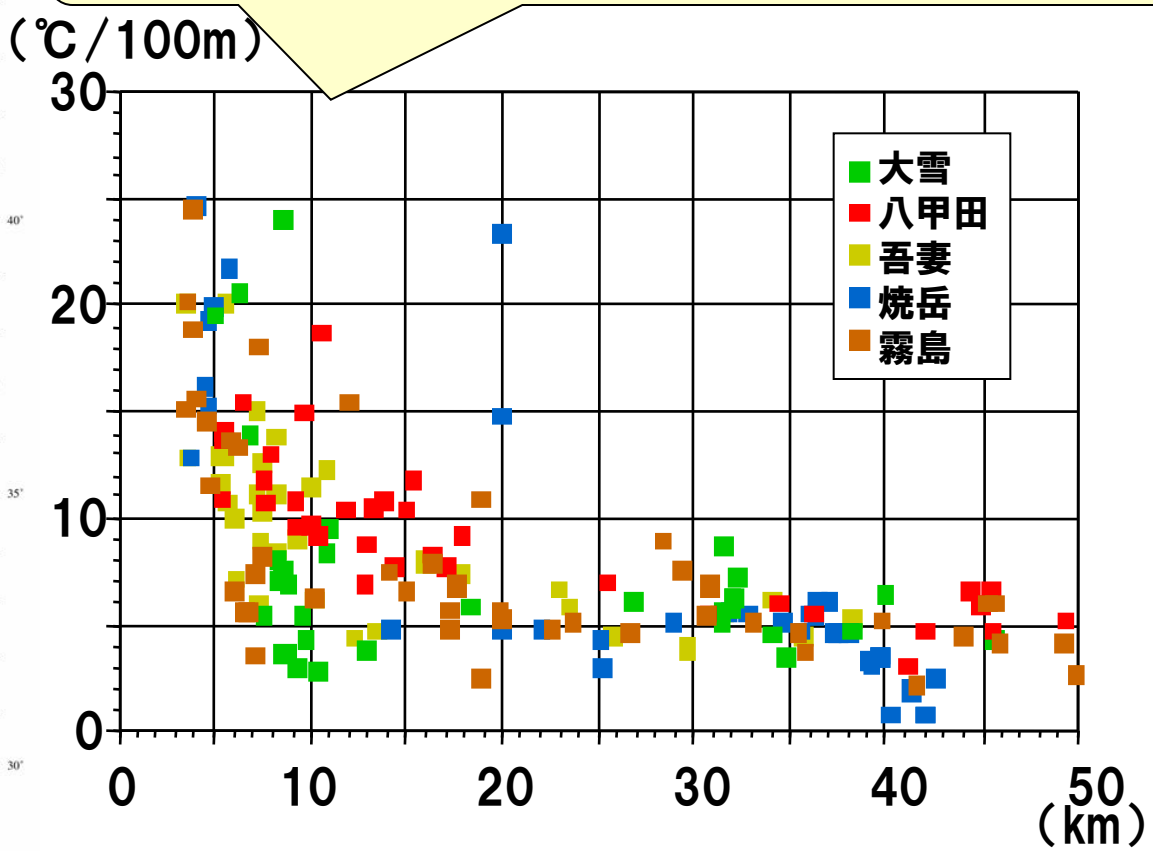
日本列島の50万年ごとの火山の発生の状況（日本火山学会，1999を基に作成）

日本列島の第四紀火山の体積，噴出物の分類，噴火年代などの情報をまとめたデータベースを作成。
第四紀火山は，200万年以降，東日本火山帯および西日本火山帯に偏在して発生している。

火山活動が地質環境に及ぼす影響（地熱）

火山活動に伴う熱的な影響は，個々の火山によって異なるものの概ね20～30kmの範囲に限定される。

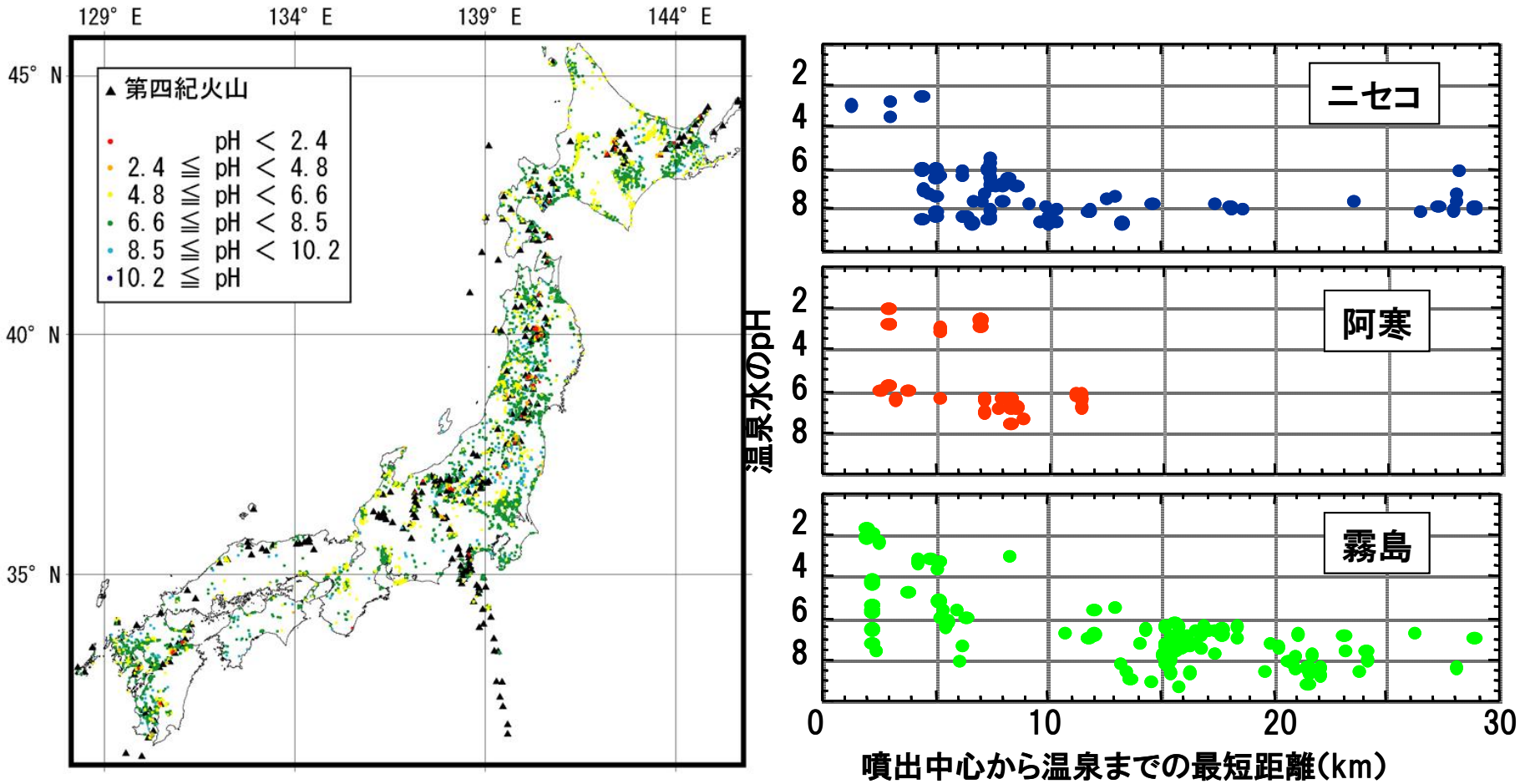




日本列島地温勾配図と火山周辺の坑井の地温勾配（梅田ほか，1999）

高温異常の背景となるバックグラウンドは東日本で3～5℃／100m，西日本で2℃／100m程度である。また，火山周辺の地温勾配値は一般的に高いが，噴出中心から離れるにしたがって低減。

火山活動が地質環境に及ぼす影響（水質）



日本列島温泉pH分布と火山周辺の温泉の距離とpHの関係（浅森ほか，2002）

火山周辺の温泉水のpHは，一般的に低く（酸性），噴出中心から離れるにしたがって中性に変化する。
pH＜4．8の酸性地下水は，噴出中心より概ね数km～20kmの範囲に多く分布する。

「第2次取りまとめ」の結論・評価（原子力委員会，2000）

　地震・断層活動，火山・火成活動のような急激かつ局所的な自然現象については、活動地域の時間的な変化や地質環境への影響に関する過去の事例調査の知見に基づき，その**活動及び影響の範囲が限定**されることが明らかにされている。

　隆起・沈降・侵食，気候・海水準変動のような緩慢かつ広域的な現象については，変動の規模及びその地域性や周期性に関する知見に基づき，**個々の地域における変動量が概ね推定できる**ことから，想定される変動を考慮して、地層処分システムの設計や安全評価に反映できることが示されている。

概要調査地区等の選定（特に評価期間）に係る動向

【特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律，H12．6】

①地震等の自然現象による地層の著しい変動の記録がないこと。②将来にわたって，地震等の自然現象による地層の著しい変動が生ずるおそれが少ないと見込まれること。

【高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について，原子力安全委員会，H14．9】

①対象地域の隆起・侵食量から処分場及びその周辺の地質環境に対し著しい変動をもたらすおそれ，②処分施設を合理的に配置することが困難となるような活断層の存在，③第四紀に活動したことのある火山の存在が文献調査で明らかな地域は，これを概要調査地区には含めない。

【概要調査地区選定上の考慮事項，原子力発電環境整備機構，H14．12】

①文献に示されている活断層がある場所は含めない，②将来数万年にわたるマグマの活動範囲の拡がりの可能性を考慮し，第四紀火山の中心から半径15kmの円の範囲内にある地域は含めない，③過去10万年間の隆起の総量が300mを超えていることが明らかな地域は含めないように概要調査地区を選定する。

地層処分の安全規制（特に評価期間）に係る動向

【高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第１次報告），原子力安全委員会，H12．11】

一般公衆に対する評価線量が最大となる時期（10^5年以上）においても，基準値として定められた放射線防護レベルを超えていないこと等を確認することが基本である。

【高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて，総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会，H15．7】

評価期間が長期になると，処分システム領域に対する外乱の発生予測の不確実性が増加することに起因して，計算結果の信頼性が低下する可能性もある。評価期間の設定に際しては，計算上のピーク発生時期と関連する外乱事象発生の予測可能性とを併せ考慮していく必要がある。

【放射性廃棄物処分の安全規制における共通的な重要事項について，原子力安全委員会，H16．6】

評価期間が長いことによって派生する不確実性等については，シナリオの発生の可能性を踏まえた放射線防護の基準を検討することが重要（→ 余裕深度処分）。超長期の防護基準については，天然の放射能濃度との相対的比較等の補完的指標も考慮すべきである。

地質学的現象の将来予測の方法論

１）外挿法による予測

過去から現在までの変動の履歴を検討し，そのなかから時間的，空間的な変動の普遍性，法則性を見いだすことによって，その傾向を将来に延長（外挿）して予測する方法。プレート運動の枠組みで生じる永続性がある現象には，外挿法が特に有効（日本地質学会，2011）。

２）類推法による予測

予測しようとする現象と類似の事例を過去のデータから探索し，そのアナロジーによって将来の変動を予測する方法。

３）確率論による予測

過去から現在までに発生した現象の発生頻度，規模と範囲等から将来の発生確率を求める方法。

４）モデルを用いたシミュレーションによる予測

現象に関与する物理法則を見いだして，物理（数学）モデルを作成し，それを用いた数値実験によって予測を行う。

ネオテクトニクスと外挿法による将来予測

【ネオテクトニクス】（Wegmann，1955）

現在進行中の変動およびそれと同様な特性の続く最近の時代の変動。なお，最近の時代の範囲は地球上の地域によって異なる。

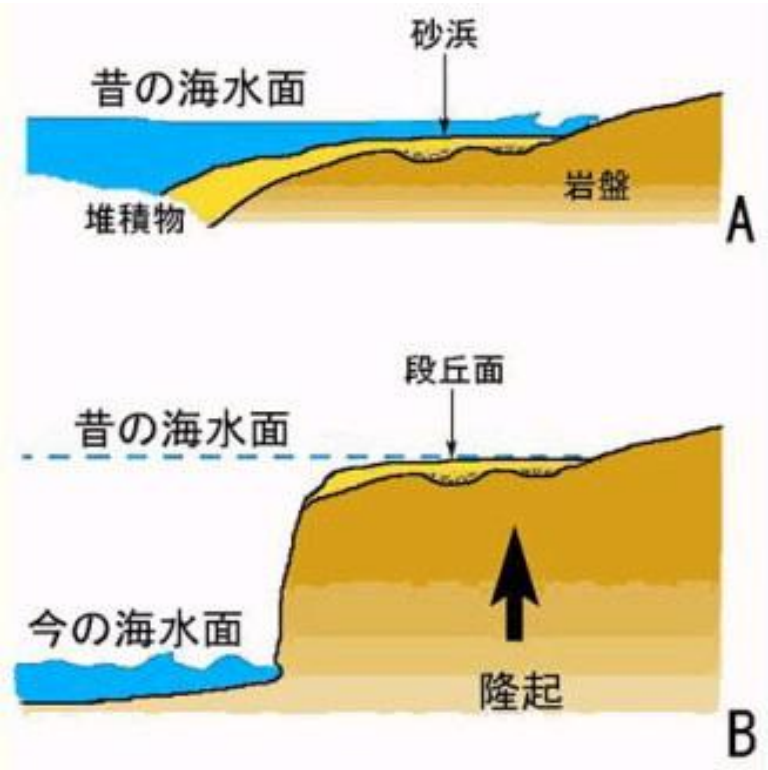
【第四紀後期の地殻変動】（垣見・松田，1987）

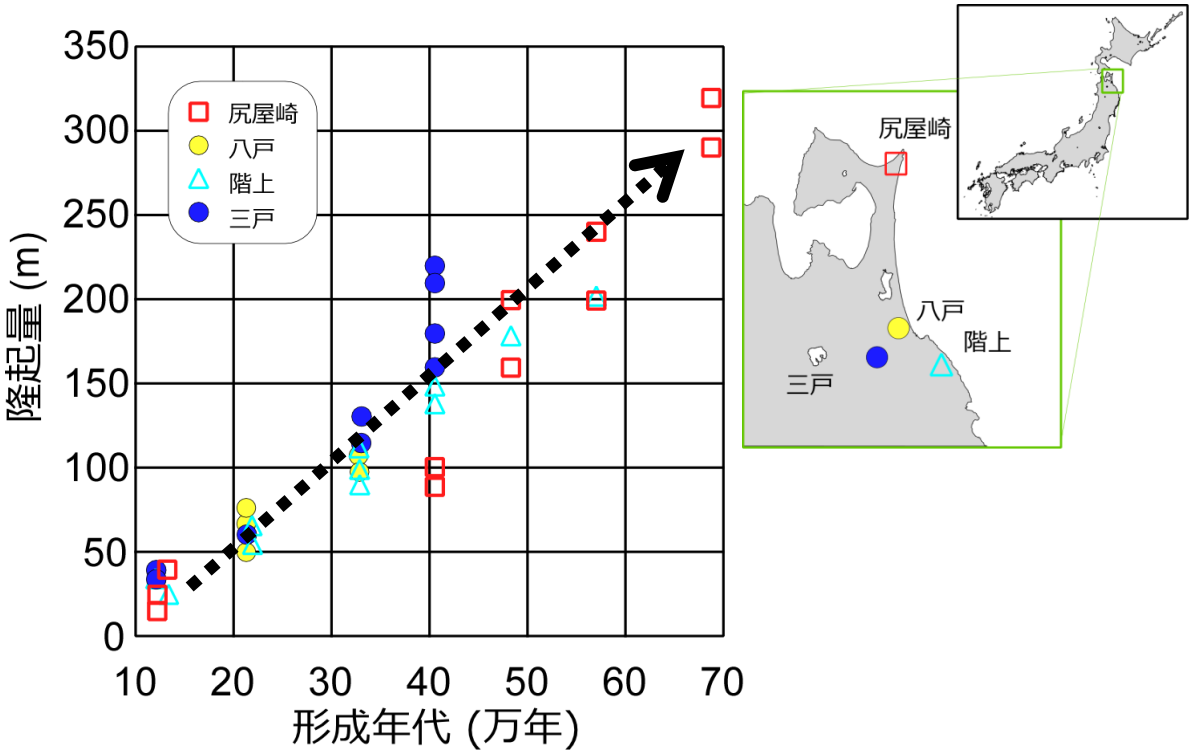
① 第四紀を通じて一方向に進行してきた（変位の累積性）
② その運動方向はほぼ等速的であった（速さの一様性）
③ その運動をもたらした応力場は第四紀を通じて持続している（地殻応力の持続性）
④ 地殻変動は地域ごとに特有のくせをもっている（変動様式の地域性）

【地殻変動の一様継続性に基づく外挿による予測の考え方】

第四紀後期の地殻変動の一様継続性（変位方向の一様性，変位の等速性）が成立している場合には，過去から現在までの変動傾向・速度を同程度の将来まで外挿することは可能である（松田，1987，1988）。

第四紀後期の地殻変動の一様継続性の例





下北半島の海成段丘の形成年代と高度の関係
（核燃料サイクル開発機構，1999）

- 段丘からみた過去数十万年間の変動の方向・速度はほぼ一定

外挿法による地質学的現象の予測可能性の検討

外挿法による予測が可能な期間を検討するためには，現在のネオテクトニクスの枠組みの中で変動の一様継続性（変位方向の一様性，変位の等速性）がどの地域でいつ頃に成立したかを地形・地質学的な情報から検討する必要がある。

【パラメトリックな時系列解析モデルによる予測可能性】

過去から現在までの現象の履歴が，どのような相互関係があったか（自己回帰性）を解析し，その関係性が比較的短い時間は継続すると仮定して，予測値として取り扱う方法。

時系列解析モデル（例えば，自己回帰移動平均モデル）の研究例によると，**過去の期間（N）**に成り立っていた関係性（定常性）は，将来になればなる程，その関係性そのものが変化していると考えられるので，**0.1 N ～0.2 N 程度**であれば関係性が継続する確率が高いと考えられている。

日本列島の第四紀の隆起・沈降運動

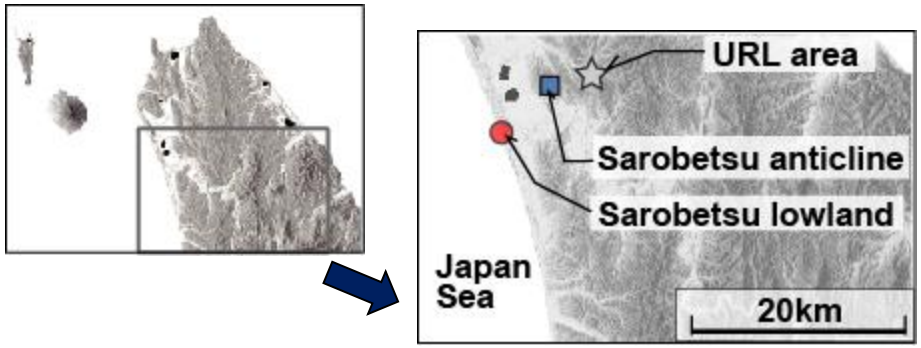
上部更新統（1万年前以降に隆起）
中部更新統（12.5万年前以降に隆起）
下部更新統（78万年前以降に隆起）
上部中新統～鮮新統（約260万年以降に隆起）

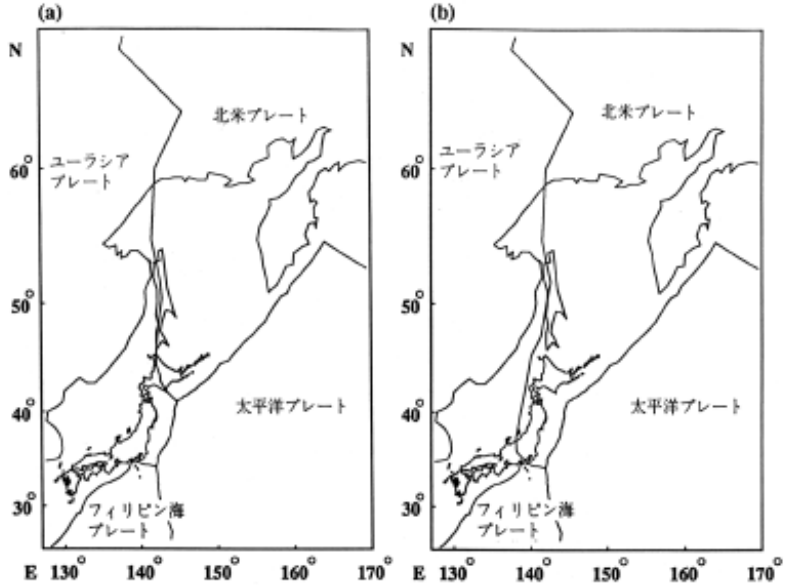
78～12.5万年前に海域で堆積した地層が現在，陸域に分布
⇒
12.5万年前以降に隆起した証拠

日本列島の第四系（上部～下部更新統）分布図

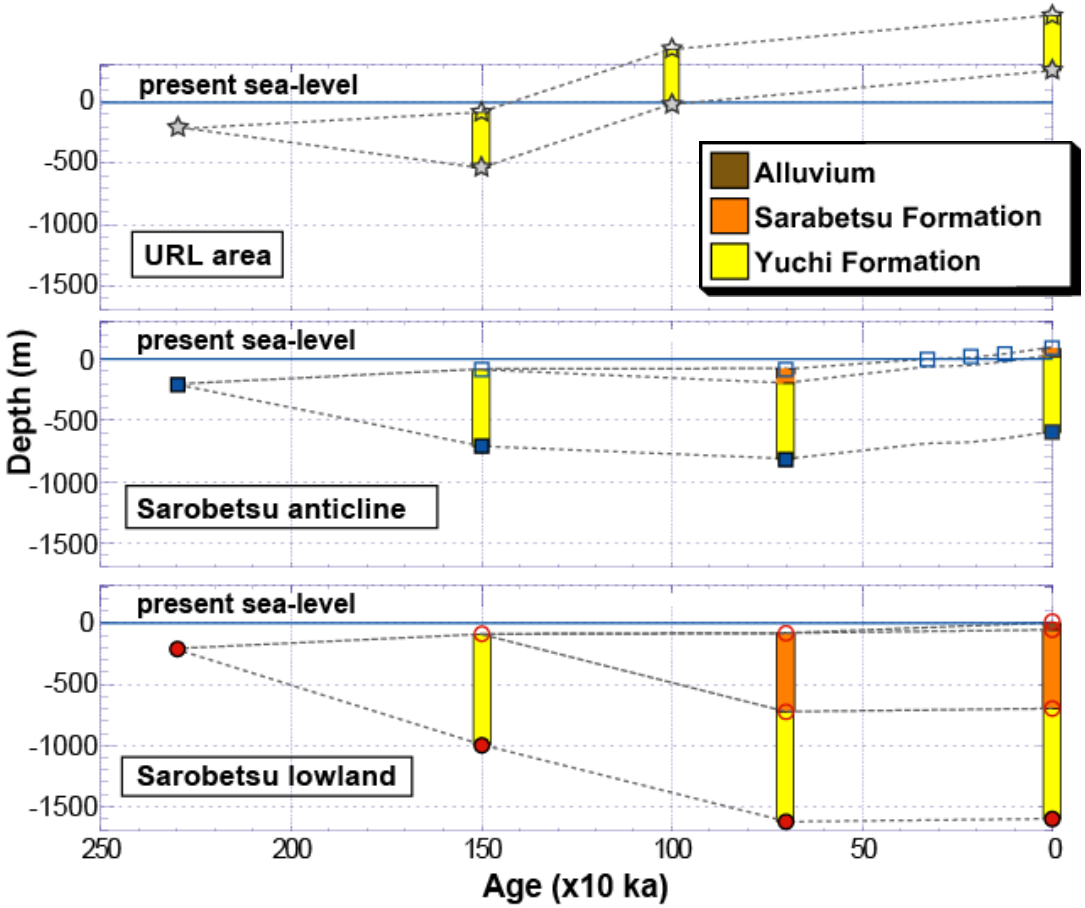
日本列島の沿岸域では，第四紀（約260万年以降）になって沈降場から隆起場に変動方向が反転している地域も存在。

沈降場から隆起場への転換の事例（幌延の例）





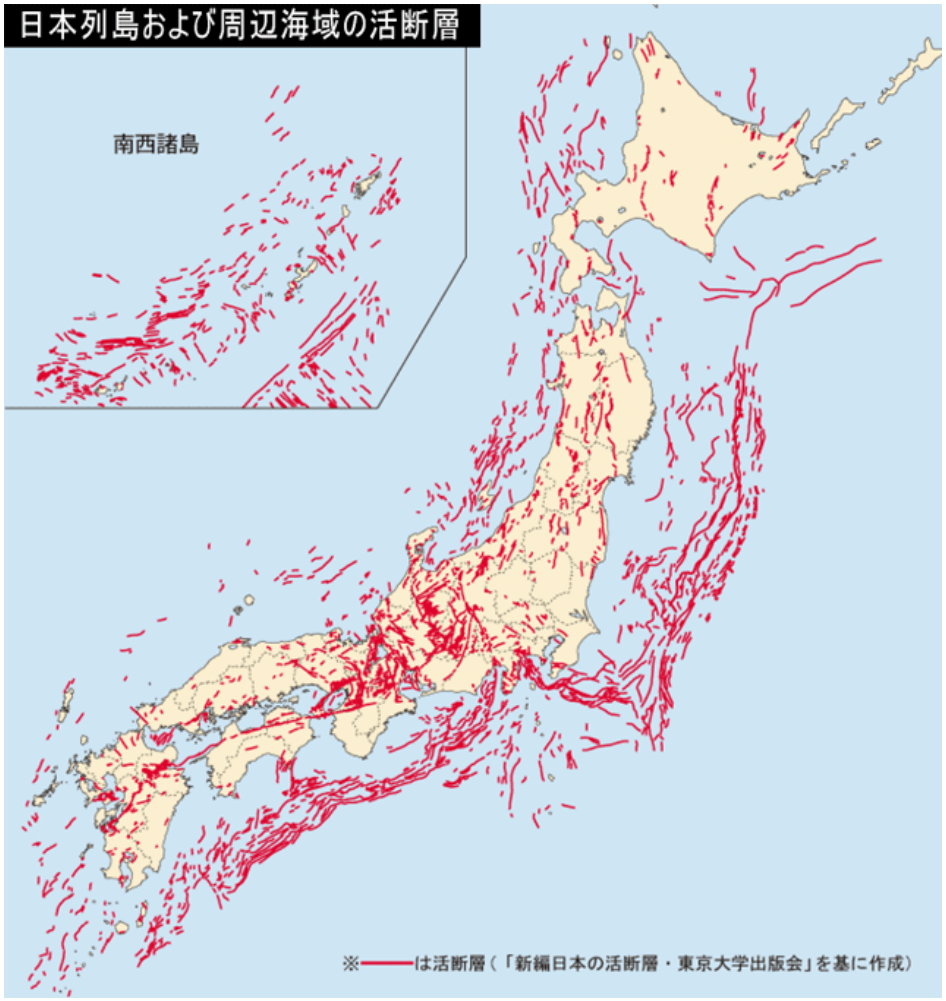
50万年前のプレート境界のジャンプ（瀬野，1997）



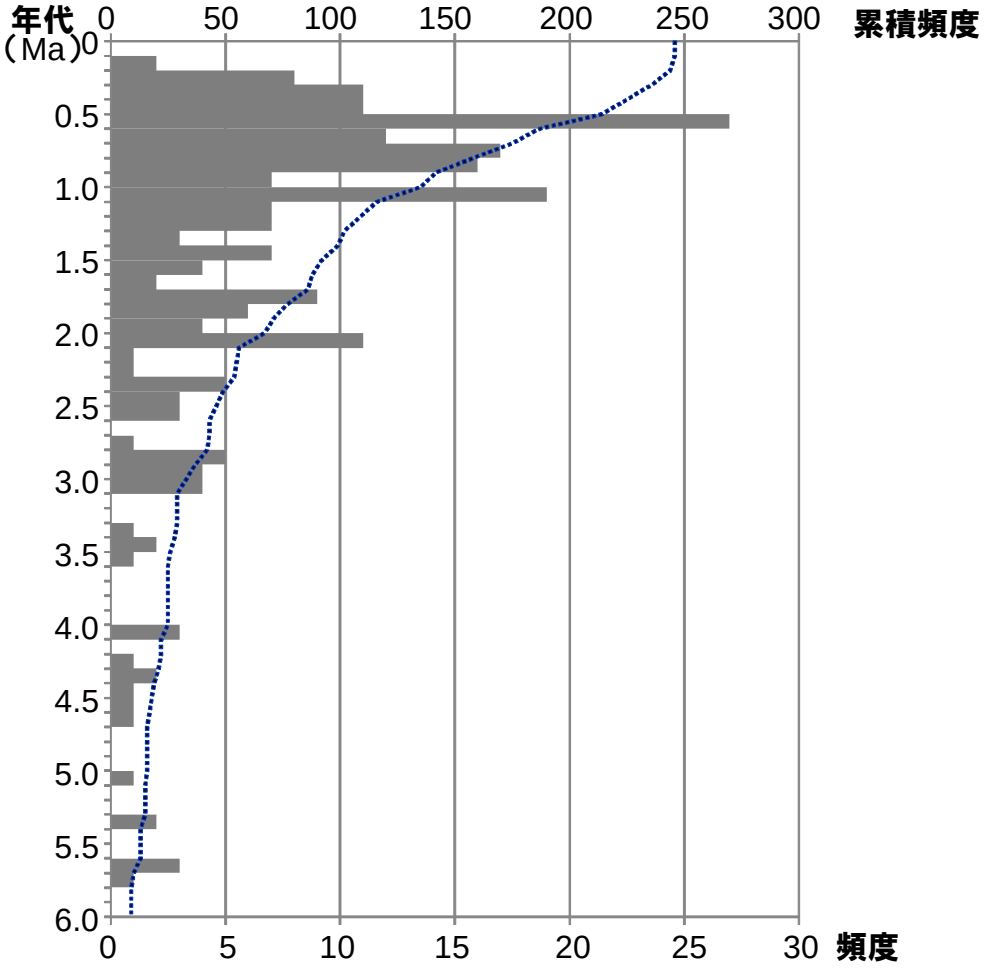
幌延地域の250万年以降の地殻変動（梅田ほか，2013）

幌延地域では，約50万年前頃に沈降場から隆起場に地殻変動のセンスが逆転。中期更新世にはユーラシア・北米プレートの境界が北海道中軸部（日高山地付近）から日本海東縁（幌延の沖）にジャンプしたというモデル（仮説）が提唱されている。

活断層の活動の開始時期



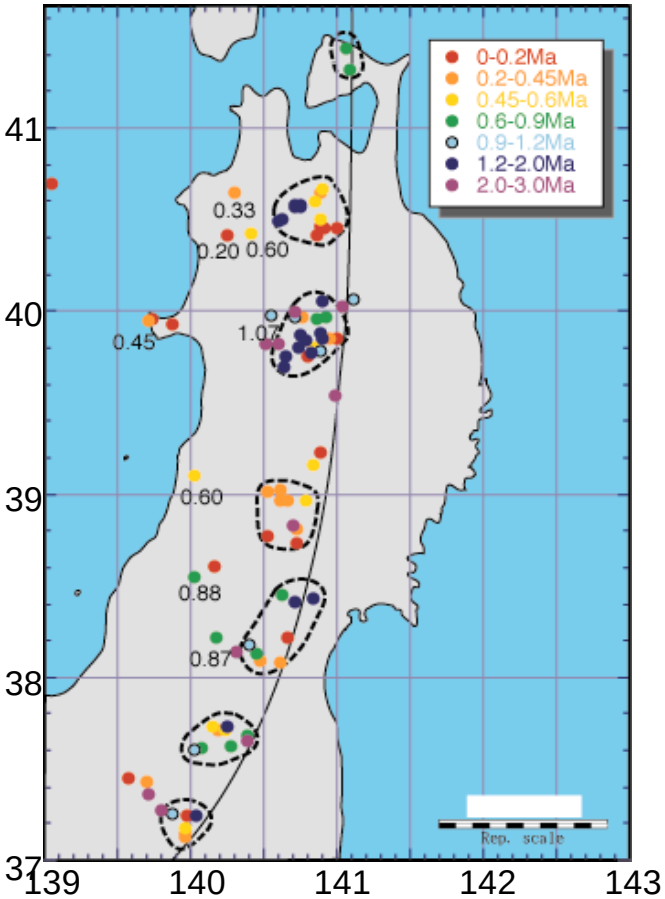
日本列島の活断層の分布（活断層研究会編，1991）



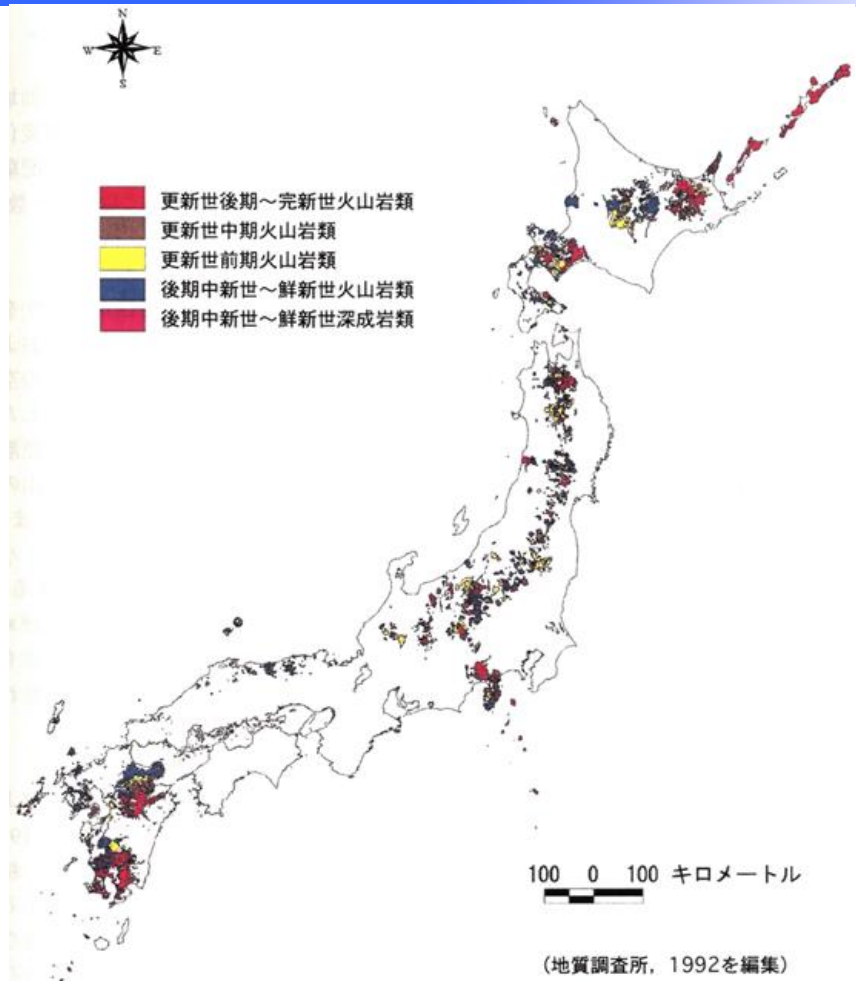
活断層の活動開始年代の頻度分布
（道家ほか，活断層研究投稿中）

日本列島の活断層の約80%は，第四紀以降に活動を開始している。そのうち，約50万年前頃に活動を開始した断層が最も多い。

新第三紀以降の火山活動の時空変遷



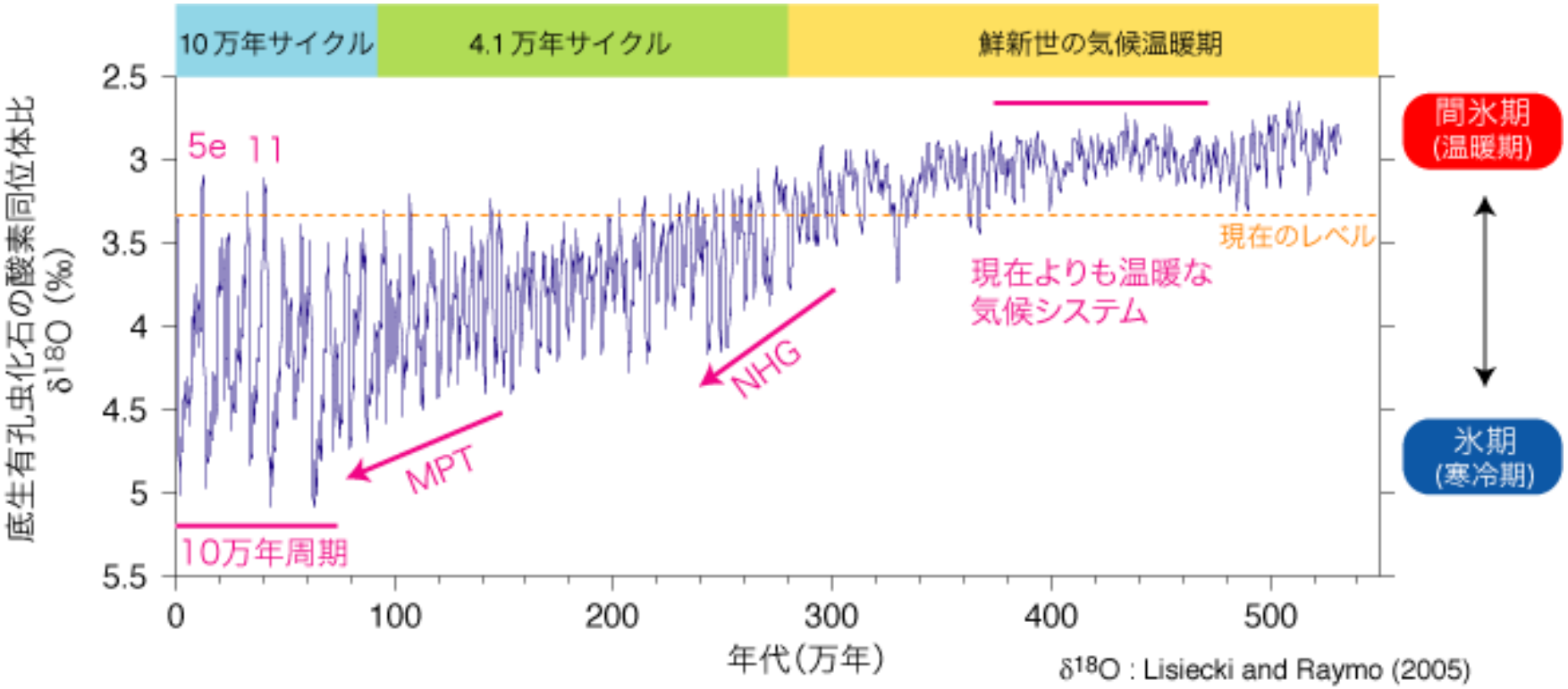
東北日本の第四紀火山の分布と形成年代
（林ほか，1996）



日本列島における約700万年以降の火山岩の分布

約700万年以降は火山フロントの日本海側（東・西日本火山帯）において活動が限定。
但し，火山フロントの日本海側では，過去数10万年間では既存火山の15km以遠においても新規の火山が形成。

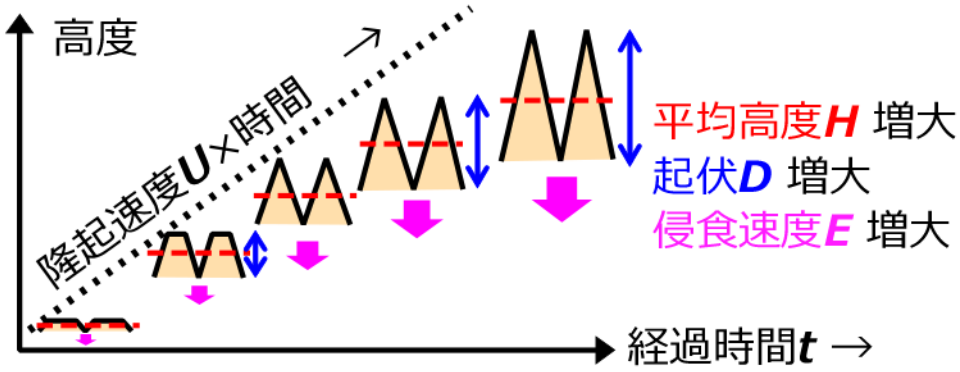
気候・海水準変動のサイクル



MPT: Mid-Pleistocene Transition(中期更新世気候変換期)
NHG: Northern Hemisphere Glaciation(北半球氷河化作用)

深海底堆積物に含まれる有孔虫化石の酸素同位体比によって過去500万年程度の氷床の総量や海面水温の推定は可能。約70万年前までは気候・海水準変動の現在のサイクル(約10万年周期)は明瞭。

山地発達モデルによる地殻変動の一様継続性の評価



■山地の平均高度Hの変化

$\Delta H / \Delta t =$ 隆起速度U − 侵食速度E ..①

■山地の侵食速度Eは起伏Dの関数

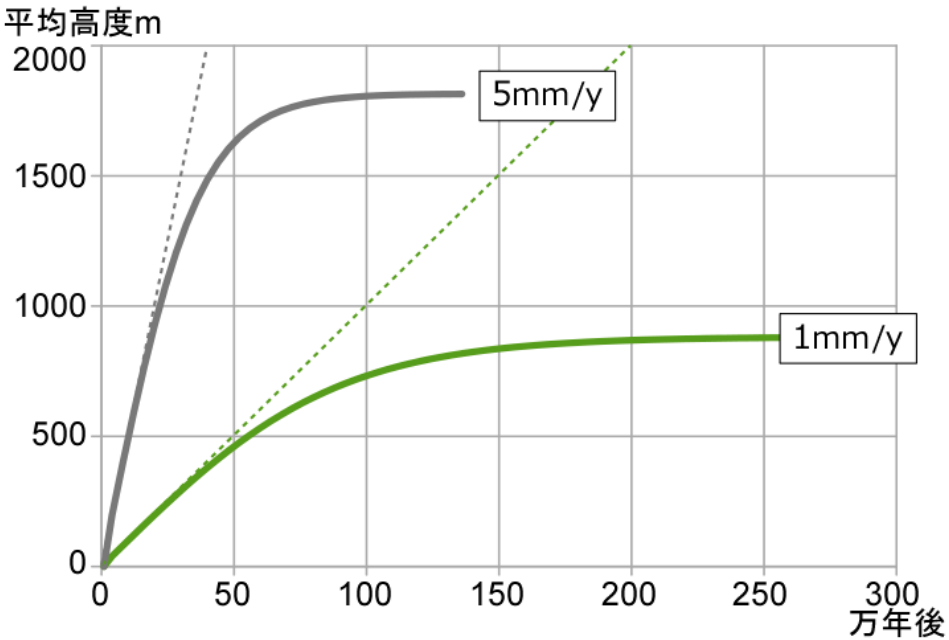
$E = \alpha D^{\beta}$ （D:高度分散量） .....②

■山地の起伏Dは平均高度Hの関数

$D = aH^{b}$ ..... ③

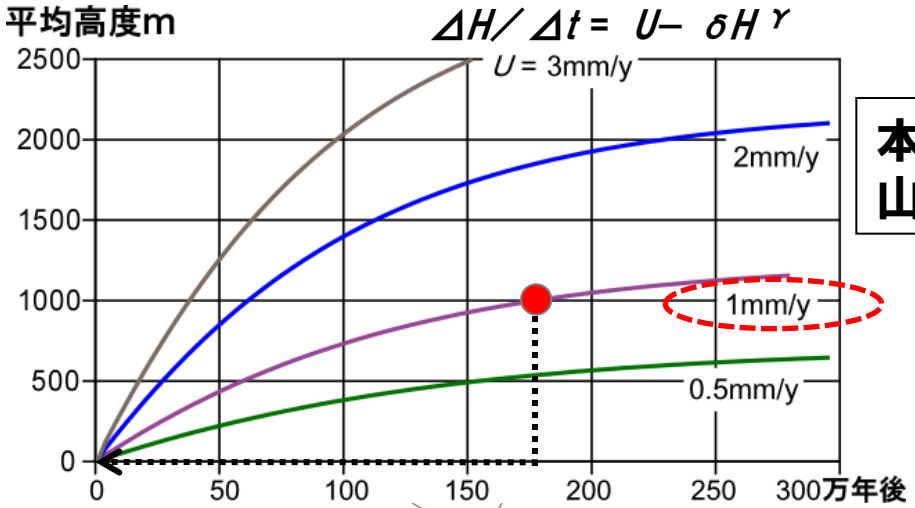
$\therefore \Delta H / \Delta t = U - \delta H^{\gamma}$ ..... ①'

Ohmori（1978）による山地発達モデル

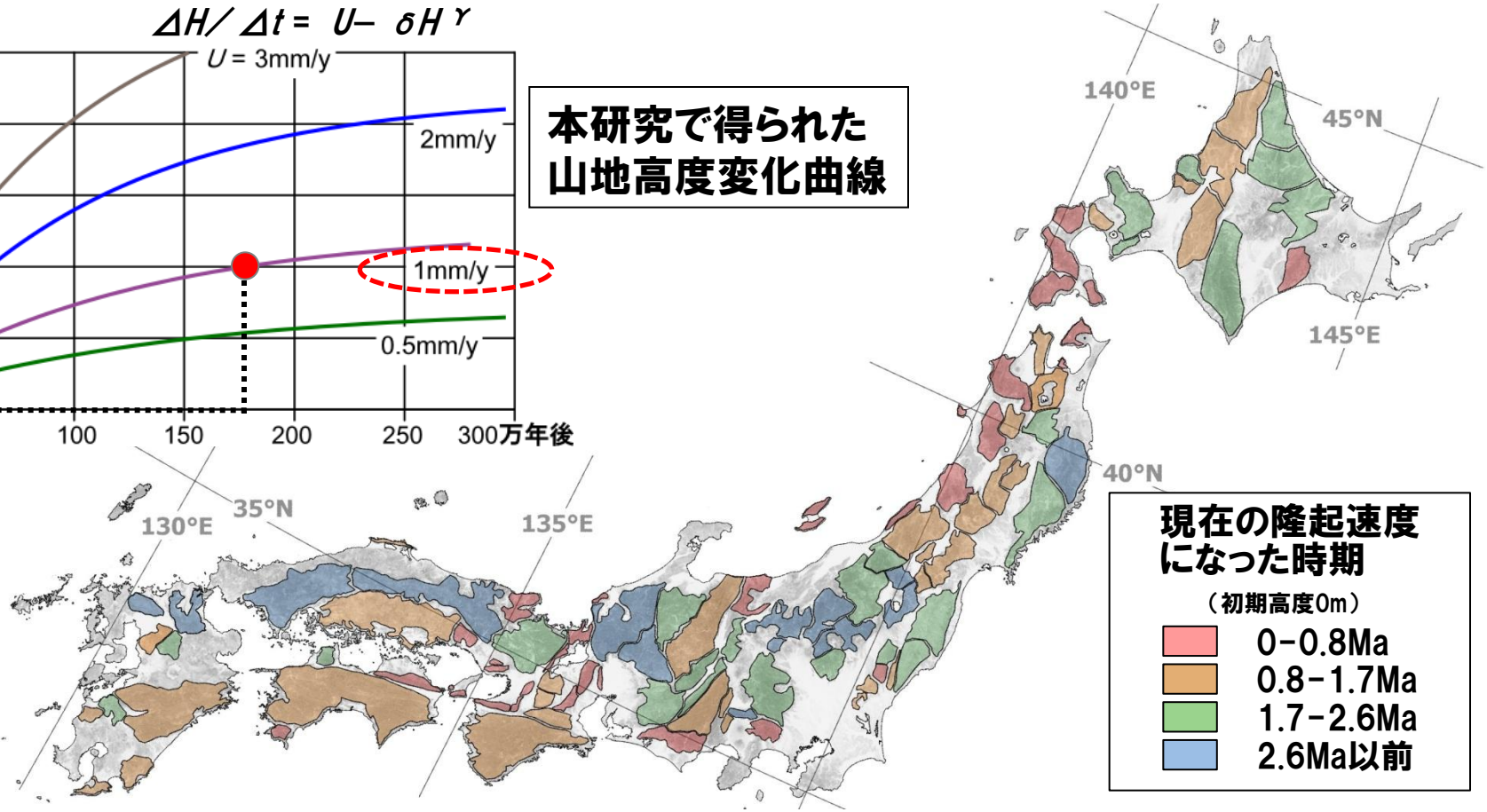


隆起速度一定のもとでの山地高度の変化曲線
（Ohmori, 1978）

山地発達モデルによる地殻変動の一様継続性の評価



本研究で得られた
山地高度変化曲線



- 天塩山地，北海道南西部，出羽山地，佐渡島，近畿三角帯等の日本海東縁変動帯や新潟-神戸歪集中帯では約1.0Ma以降に現在の隆起速度になったと推定。

地質学的現象の将来予測

- 地形・地質学的情報によると日本列島の多くの地域で，現在の変動方向・速度（一様継続性）が成立したのは，中期更新世（数十万年前）以降と考えられる。
- 山地発達モデルによると，日本海東縁変動帯や新潟-神戸歪集中帯等の地域では，中期更新世以降に現在の隆起速度と同程度になったと推定できる。
- 中期更新世以降に地殻変動の一様継続性が成立した地域では，外挿法による信頼性が高い予測が行われる期間は，将来十万年程度と考えることが妥当と思われる。

地層処分の安全性に対する懸念

※ 石橋克彦神戸大学名誉教授

●地震を起こす活断層を避けて処分すれば安全
＝＞活断層が見つかっていない場所でも大地震は起きる
（理由：鳥取県西部地震（震度6強）は活断層のない場所で起きた）

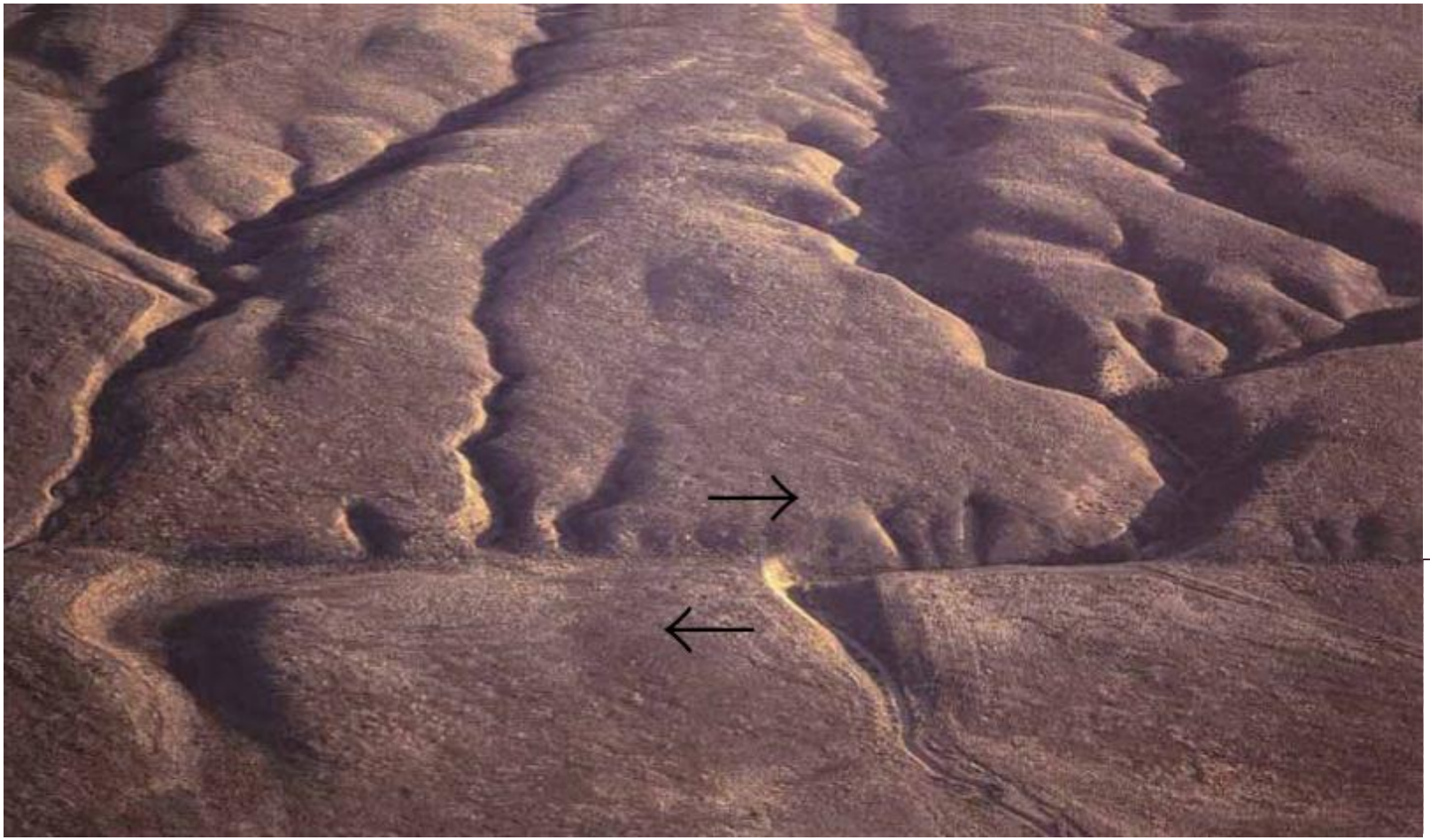
●酸素が少なく，地下水の流れが遅い環境では，長期間にわたって放射性物質を地下に閉じ込めておくことができる
＝＞大きな地震が起きると地下水の流れが変動することなどにより，岩盤という天然のバリアが機能しなくなる可能性
（理由：福島県浜通りの地震後の地下水の湧水）

※ 日本学術会議回答（H24.9）

万年単位に及ぶ超長期にわたって安定した地層を確認することは困難であり，不確実性が残される。→ 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。

活断層とは

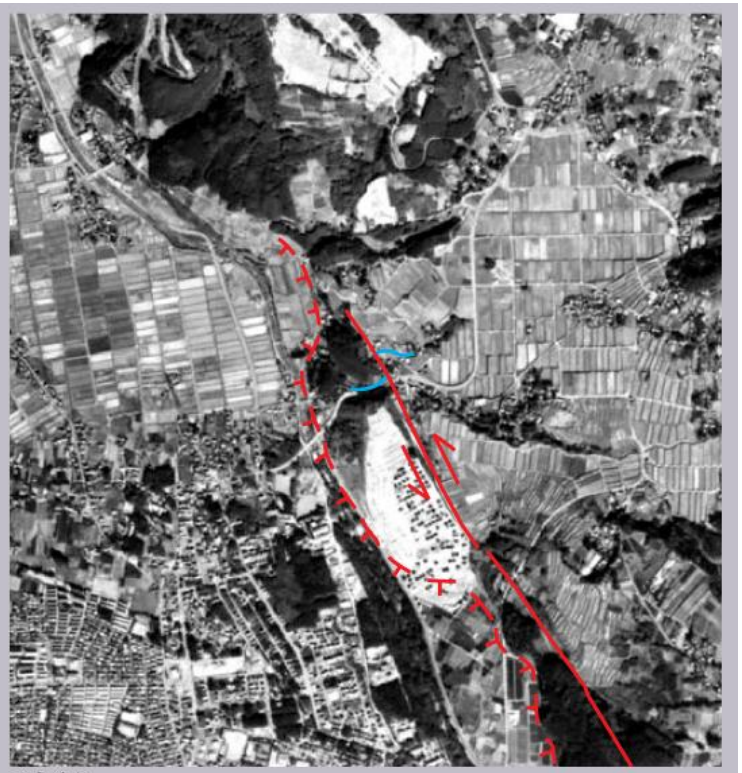
「活断層」とは第四紀（約180万年前以降）に活動した断層であって，将来も活動する可能性のある断層をいう。活断層の周辺には，ずれの累積によって段丘や尾根のずれ，河川の屈曲等，様々な地形的な特徴が認められる。



米国，サンアンドレアス断層の変位地形（右横ずれ断層）

空中写真による活断層の調査

牛伏寺（ごふくじ）断層空中写真（松本市南部　CB-5）



牛伏寺（ごふくじ）断層空中写真（松本市南部　CB-6）

（右写真参照）写真の赤線の位置が活断層で，ケバをつけた側が落下側を示す。
矢印は断層がずれた方向，青線は断層によって横にずれた河川を示す。

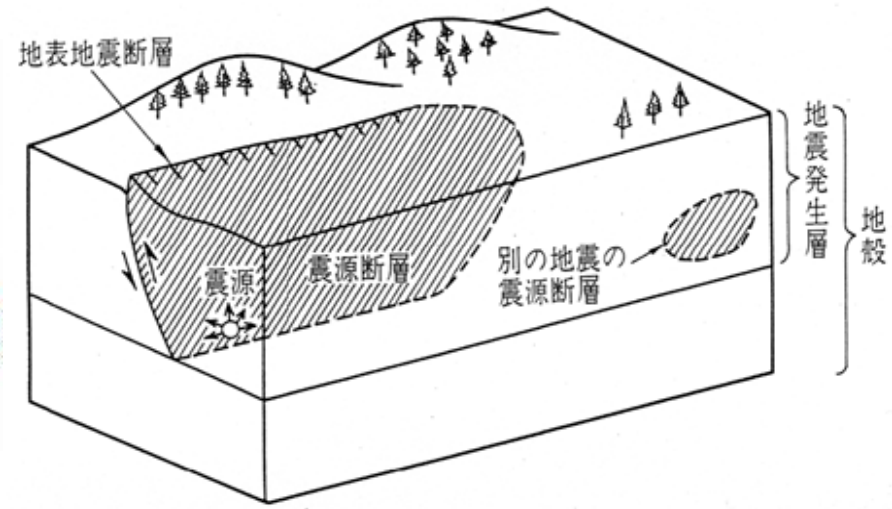
空中写真判読により，活断層等の存在を判断する手掛かりとなる変動地形（地殻の変動に起因する特徴的な地形のこと。地形の切断・屈曲，撓曲，傾動・逆傾斜等）やリニアメント等の地形を抽出する。

変動地形が明瞭でない活断層等に係る調査技術

① 伏在断層
沖積層等に厚く覆われた断層のため，変動地形が地表に現れない断層。

② 低活動性の断層
再来間隔が長いため，侵食等によって明瞭な変動地形の特徴を有さない断層。

③ 未成熟な断層
震源断層が地表にまで成長していない未成熟な断層。



地表にまで断層面が達していない未成熟な断層

- **変動地形学的調査**は，地形発達の成因を考察し，断層の存在する可能性を検討。
- **地表地質調査**は，トレンチ調査等によって断層の存否および活動性を検討
- **地球物理学的調査**では，反射法波探査等によって，活断層の存否，形状等を検討

活断層等に関する安全審査の手引き（原子力安全委員会，H20.6.13）

地球化学的手法が使えないか？

例えば，Rnガスを用いた活断層調査（加藤ほか，1981）

活断層からの揮発性物質の放出の事例

揮発性物質 →→→ Rn, He, H_2, H_2O CO_2 etc.

●断層運動(巨大地震の発生前後)に伴うもの⇒非定常放出(unsteady-state release)

・1995年兵庫県南部地震前後のRn (Igarashi et al., 1995), ^{4}He (Sano et al., 1998) の増加
・1984年長野県西部地震前後の遊離ガスの^{3}He/^{4}He比の増加(Sano et al., 1986)

●断層運動に伴わないもの⇒定常放出(steady-state release)

・山崎断層, 跡津川断層等の高濃度のラドンの検出(Sugisaki et al., 1983)
・San Andreas断層でのCO_2の放出(Lewicki et al., 2003), 高い^{3}He/^{4}He比(Kennedy et al., 1997)

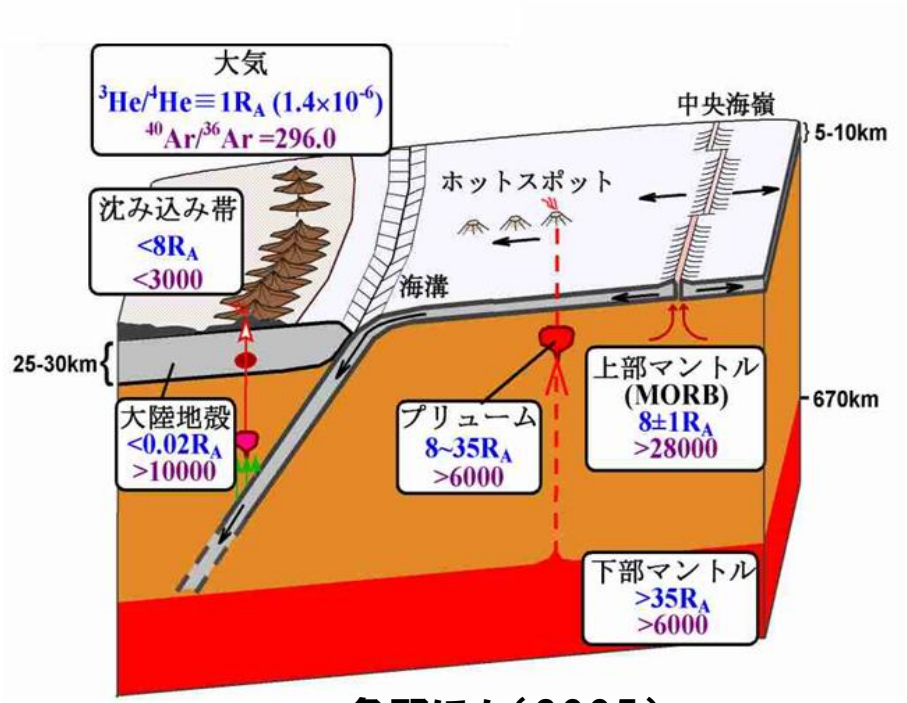
揮発性物質	N_2	CO_2	H_2O	Rn	^{3}He	^{4}He
大地震の前後 (活断層の動きを伴う)	ー	ー	◎	◎	◎	◎
静穏時期 (深部の微小地震活動)	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎:観測例あり,　ー:観測例なし

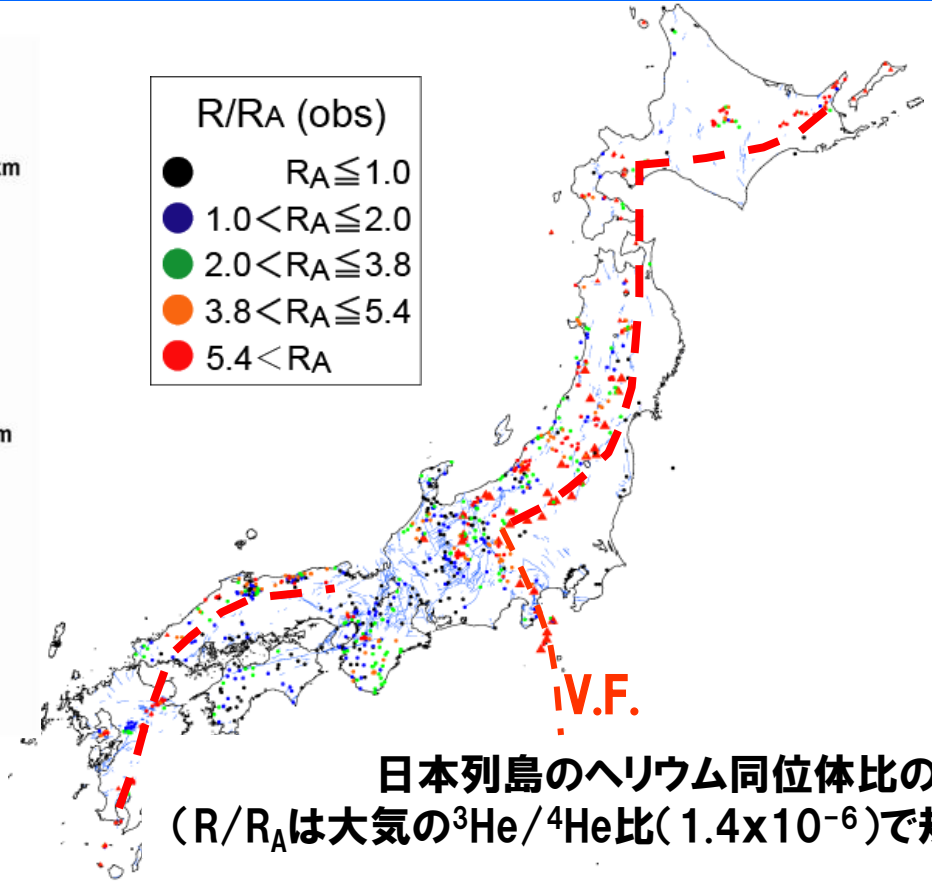
野津(2005)

ヘリウム同位体の特徴

- ●ヘリウムの同位体は2つだけ（^{3}He，^{4}He）でさらに両者とも安定同位体。
- ● ^{3}Heは地球創生期の始原的なヘリウム，^{4}He はU，Thの放射壊変によって生成。
- ●大気中に含まれるHeは5ppm，天水では4.4x10^{-8} cc STP（＝0℃，1気圧）/g，地下水では，1x10^{-8}～10-^{6}cc STP/g。
- ●マントル起源の ^{3}He/^{4}He比は，大気の8倍，radiogenic（crustal）Heの50倍以上。
- ●不活性（inert）の単原子ガスとして存在。小さく，軽いのでdiffusibilityやpermeabilityが大きい。

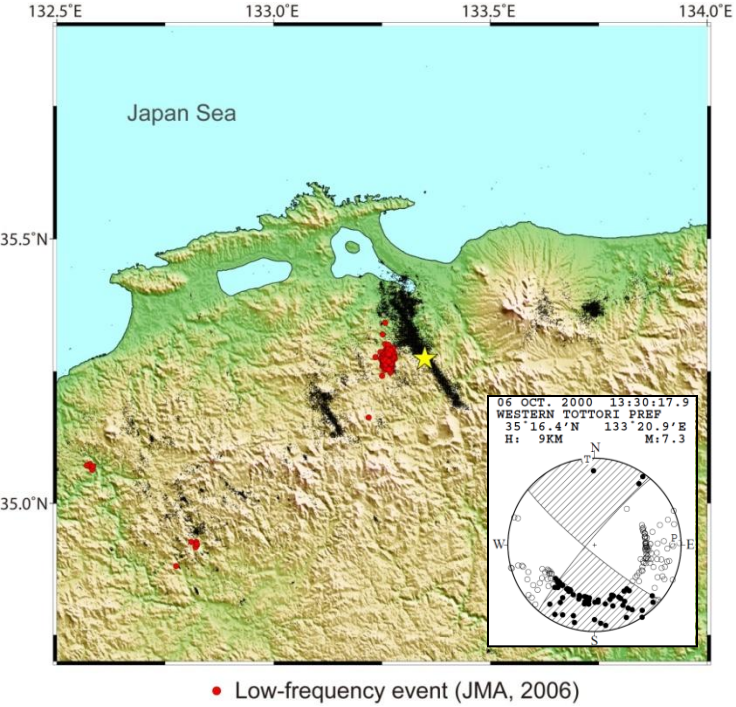


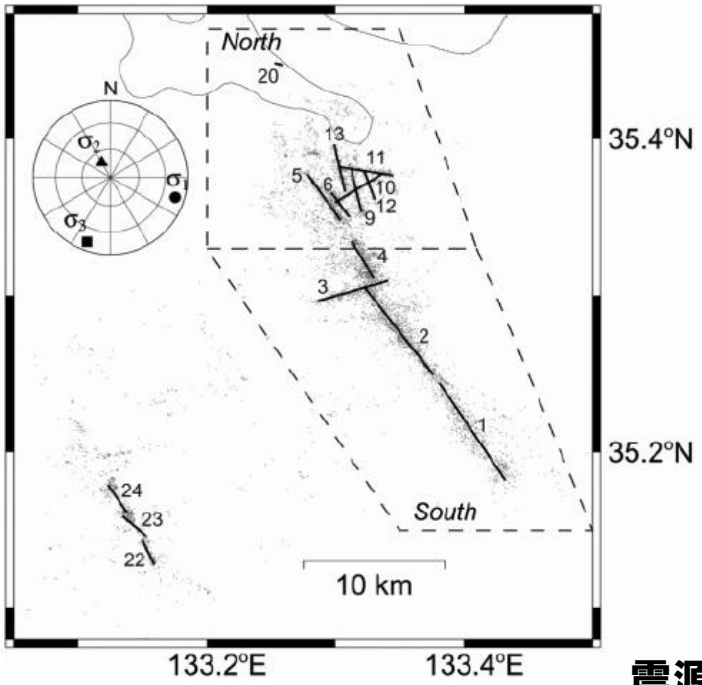
角野ほか（2005）

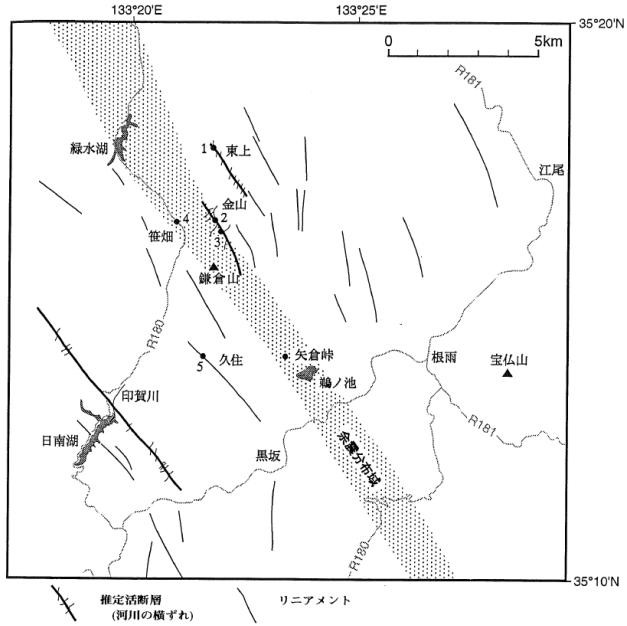


日本列島のヘリウム同位体比の分布図
（R/R$_A$は大気の^{3}He/^{4}He比（1.4x10^{-6}）で規格化）

鳥取県西部地震の特徴







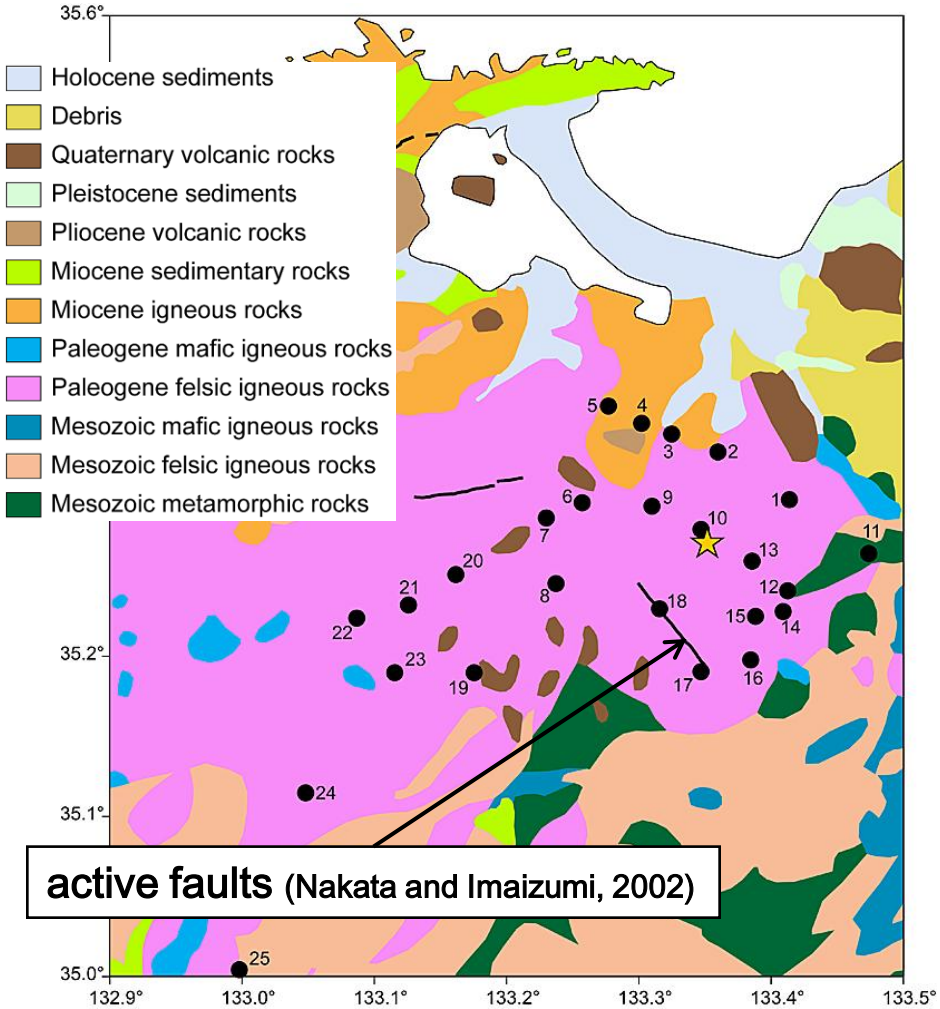
微小地震及び低周波イベントの分布断層モデル(Fukuyama et al., 2003)

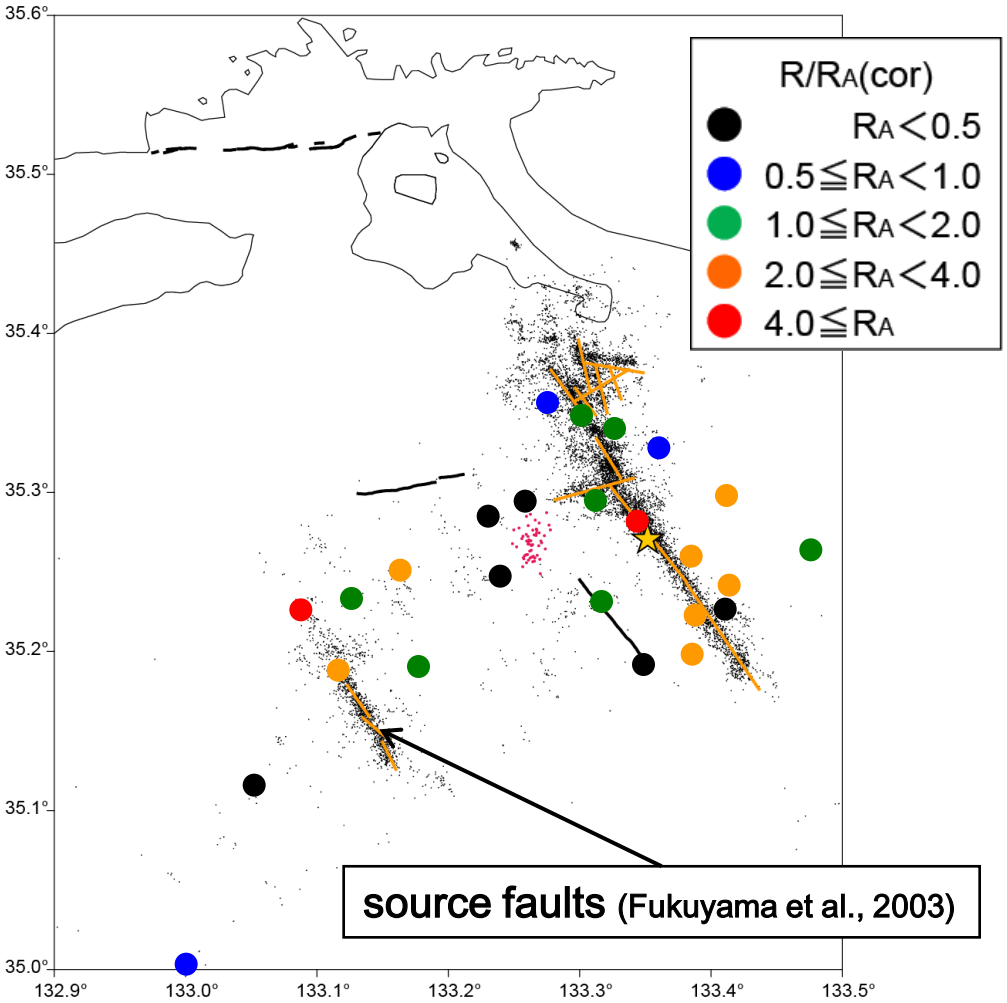
震源域周辺の活断層及びリニアメント(堤ほか, 2000)

2000年(平成12年)10月6日　鳥取県米子市南方約20km　深さ9km　Mj=7.3, Mw=6.6～6.8

1. 地殻の剪断歪速度が小さい地域で大地震が起こったこと。
2. 浅い大地震であるのに, 震源域に活断層がないこと。
3. 震源断層の上端が極めて浅い(約1km)のに, 地表地震断層が(ほとんど)現れなかったこと。　(垣見, 2002)

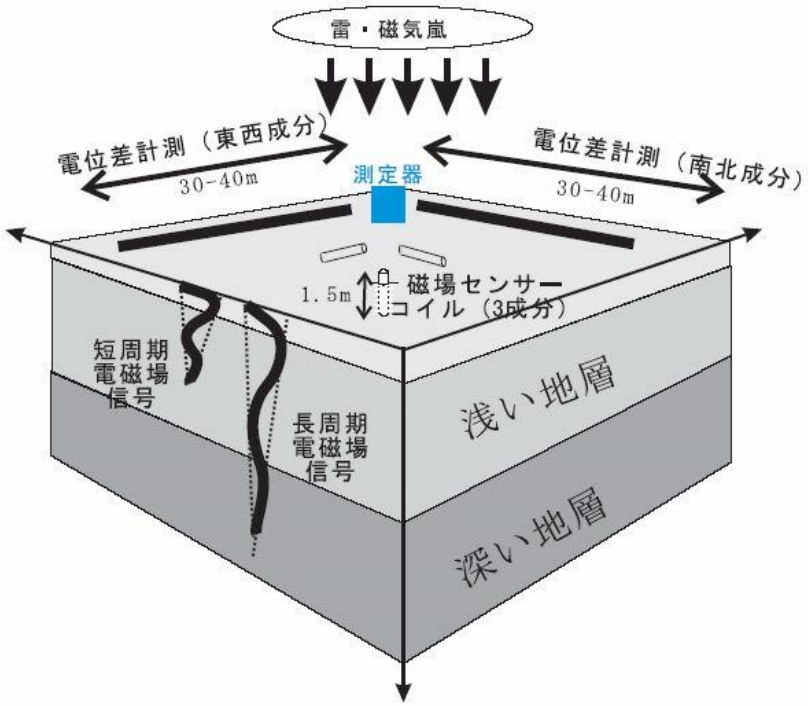
地下水の溶存ガスのヘリウム同位体比

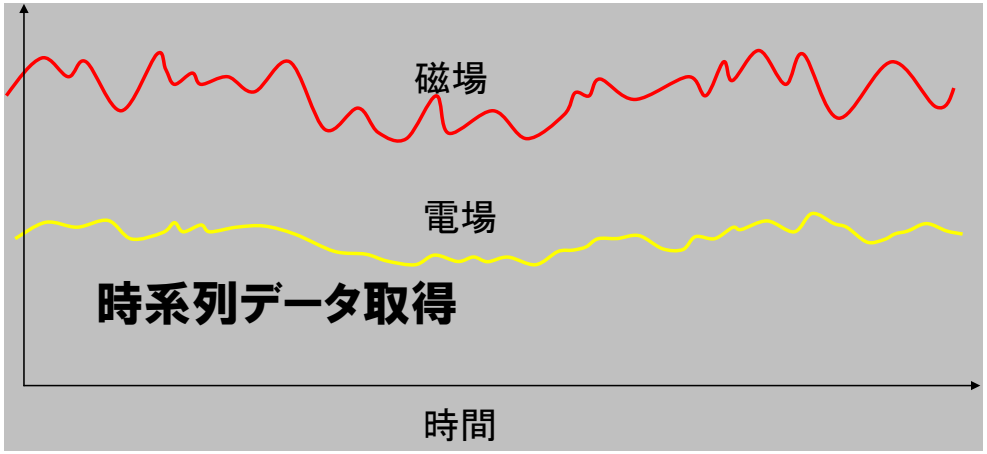


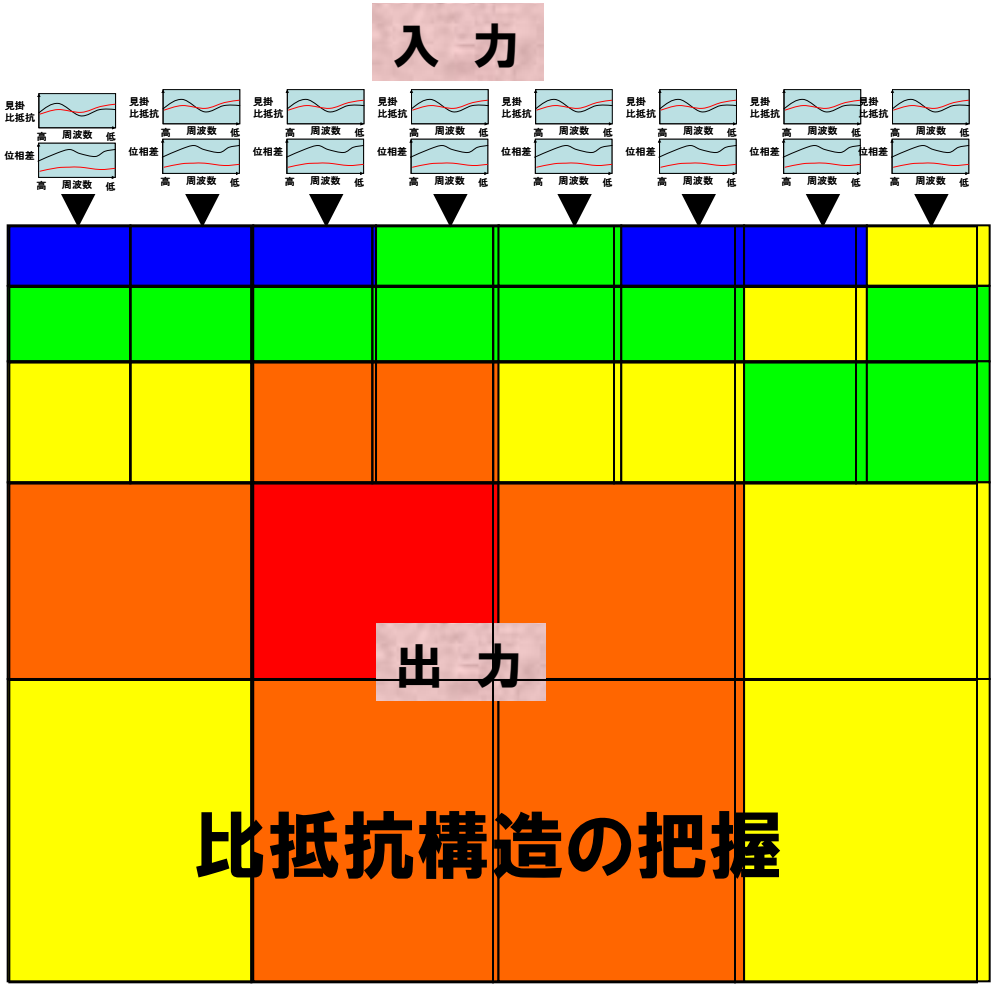


- 余震分布域(花崗岩地域)において大気より高い$^3He/^4He$比が認められる。
- 本震に最も近い井戸(笹畑水源地)の$^3He/^4He$比は4.5倍を超える。
- 震源断層から離れるにしたがって，$^3He/^4He$比が低下する傾向が認められる。

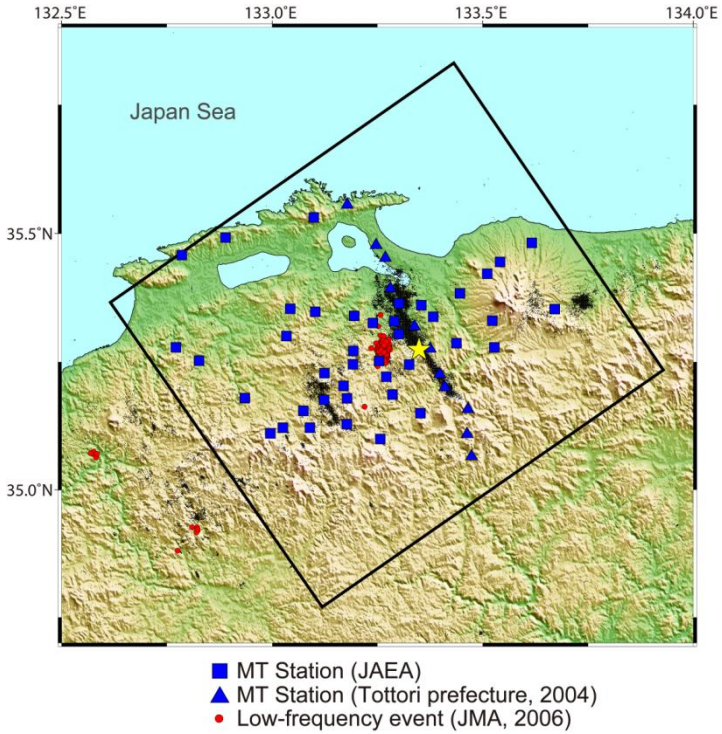
地磁気・地電流法（比抵抗構造）

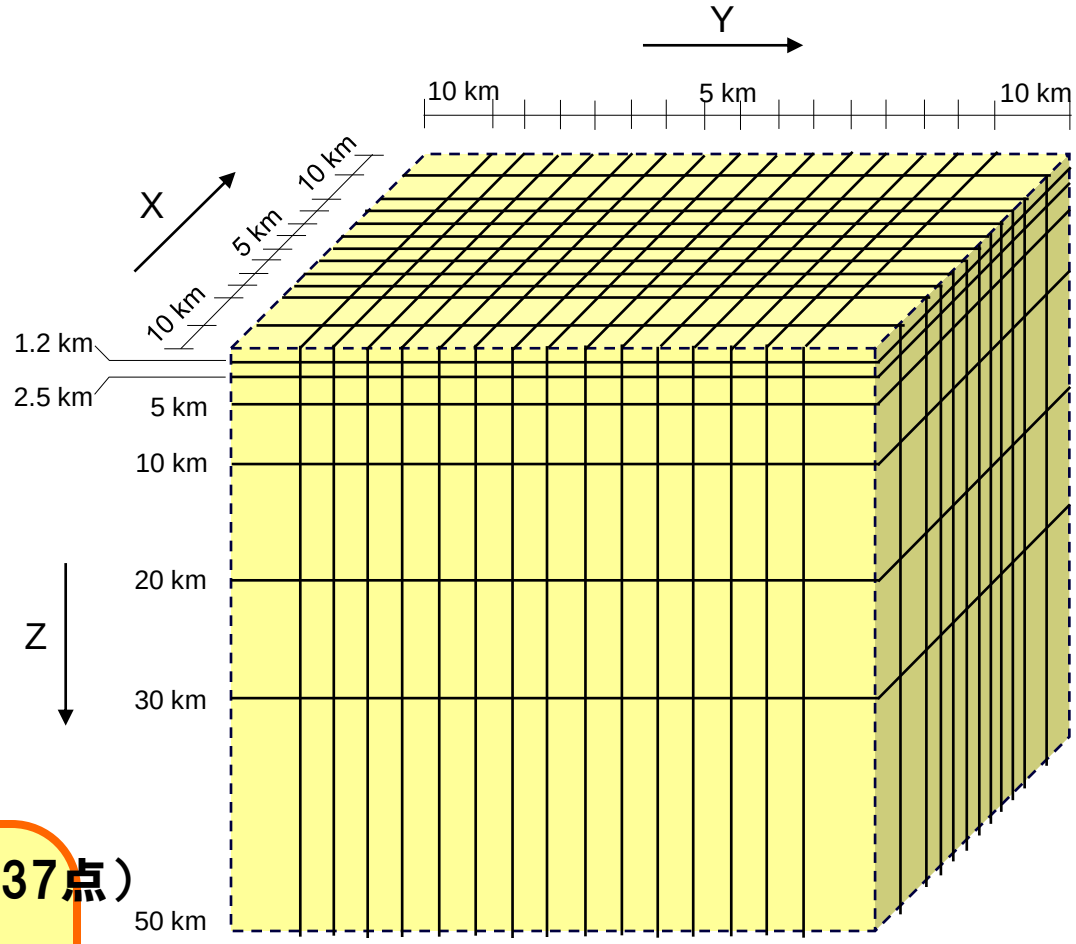






地磁気・地電流法（観測・データ・解析）

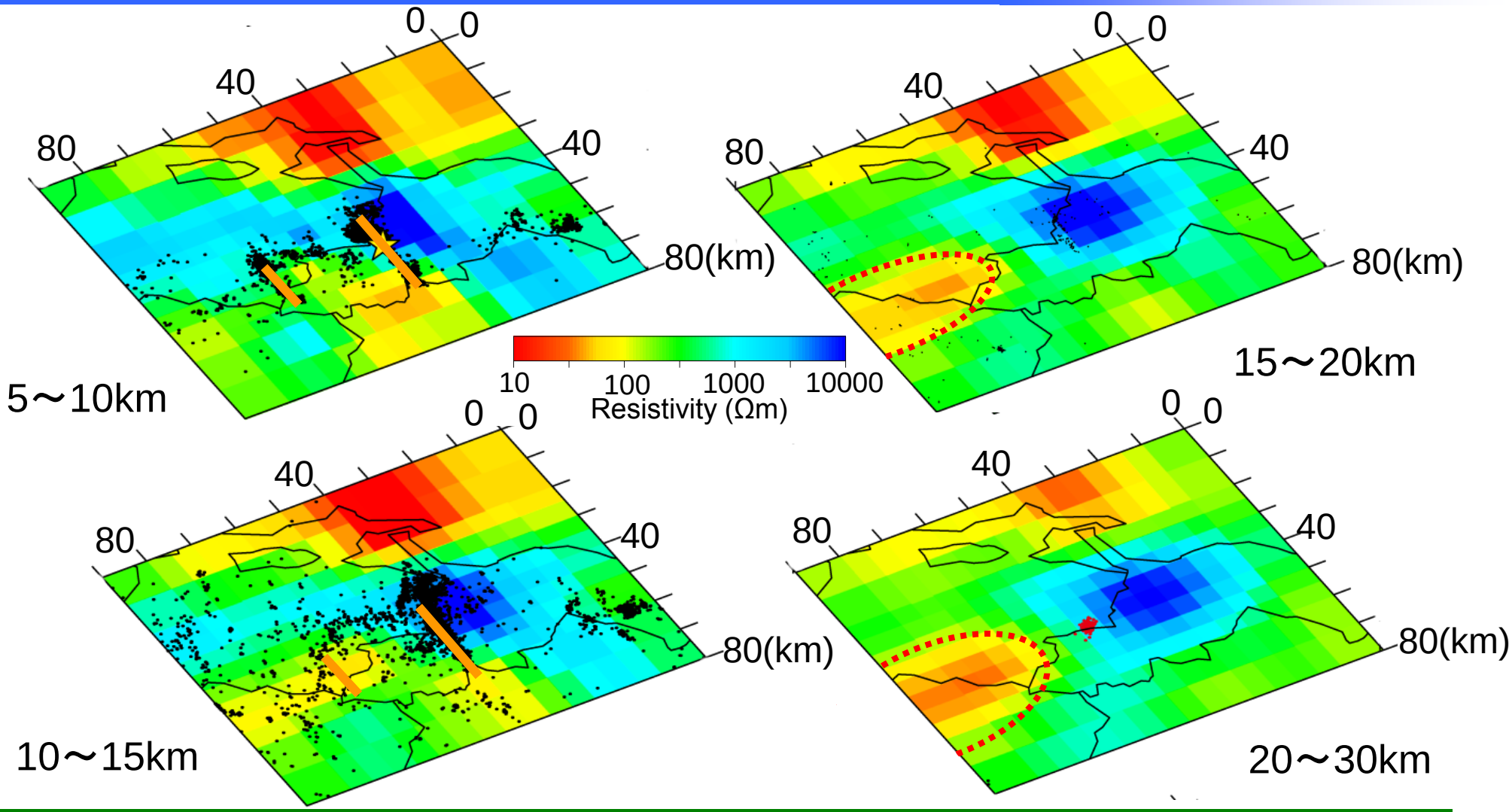




観測期間：2009/09/26～2009/10/15（37点）
リモート点：岩手県西和賀町
測定成分：磁場3成分，電場2成分
測定周波数：100～0.001Hz（Phoenix MTU-5）
インバージョンコード：Sasaki（2004）
イタレーション：7回，RMS：0.28

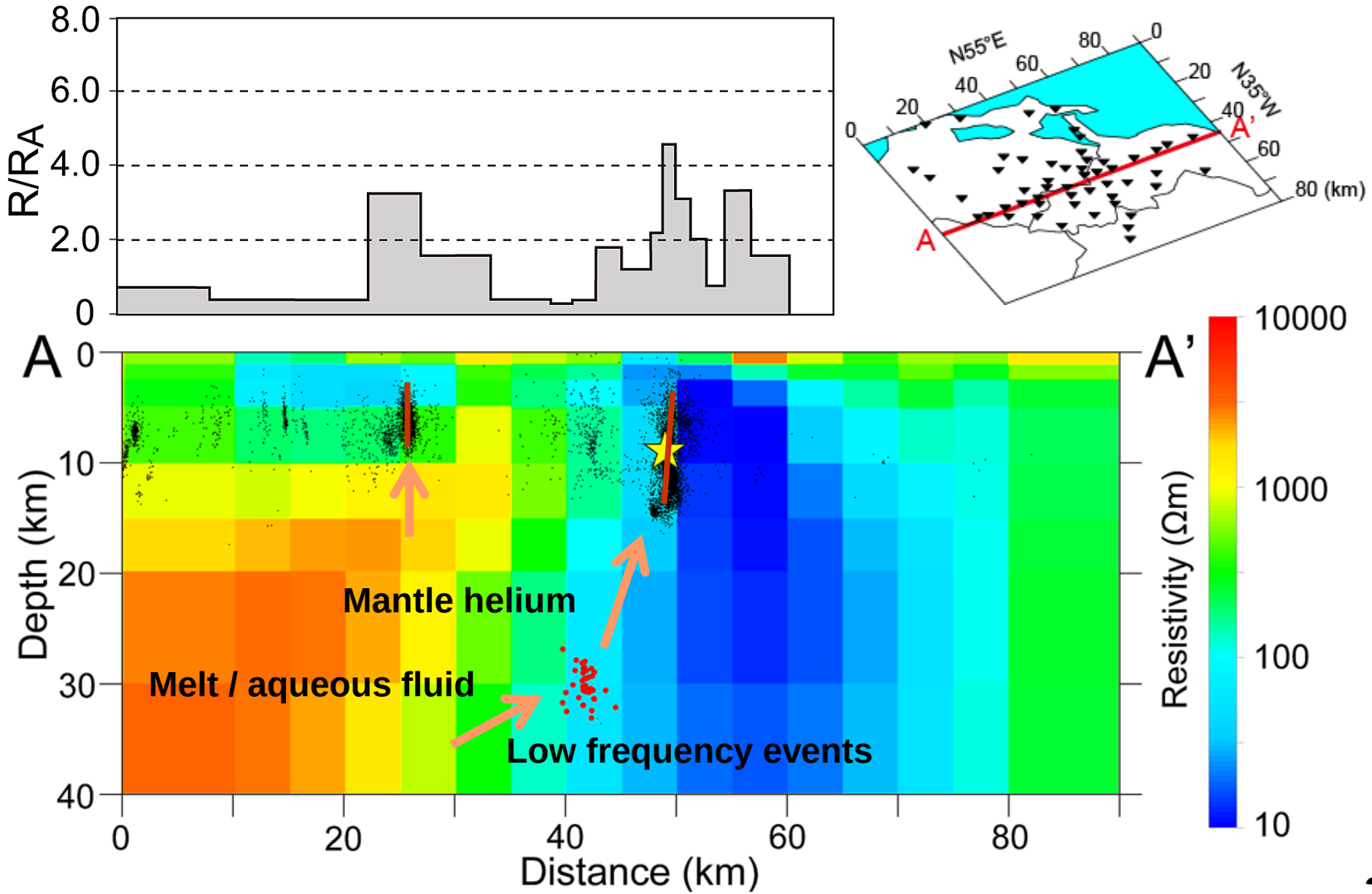
インバージョンに用いたブロック分割図
2268ブロック（18×14×9）

鳥取県西部地震震源域の三次元比抵抗構造



・上部地殻の高比抵抗体は花崗岩の分布と整合的。
・余震域の南西側の地下15km以深から上部マントルに及ぶ低比抵抗体が存在。

比抵抗構造とヘリウム同位体比の関係



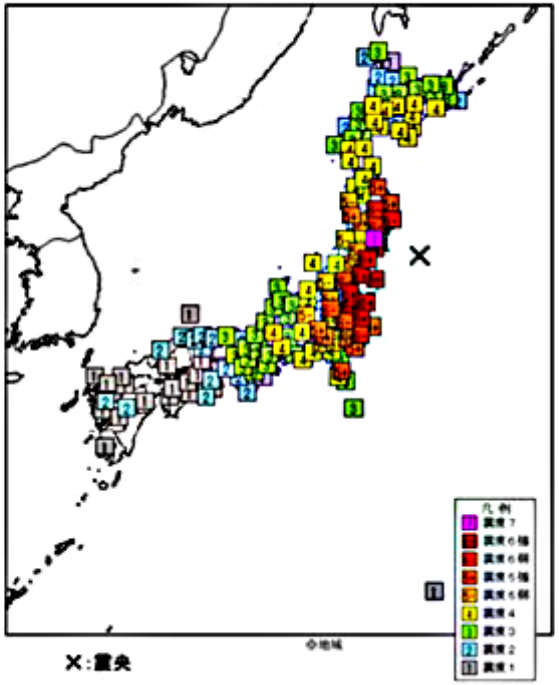
2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

○地震の概要（気象庁）

1. 発生日時 平成23年3月11日（金）14時46分頃
2. 震源及び規模（推定）
   モーメントマグニチュード Mw9．0、深さ約　24km
   三陸沖（牡鹿半島の東南東130km付近（北緯38．1度、東経142．9度））
3. 余震：M7．0以上 6回、M6．0以上 93回、M5以上 560回

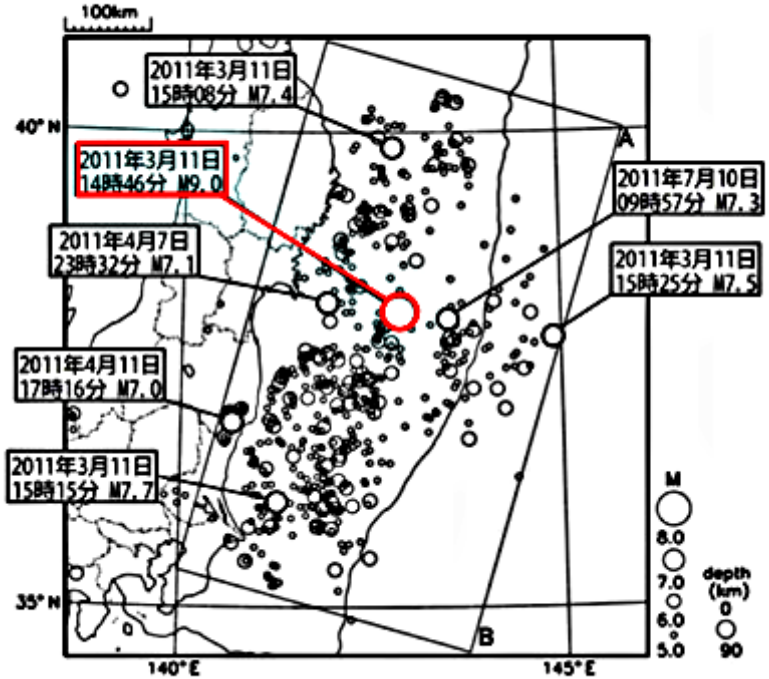
出典：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について（第55報）（H23.9.8 16:00）

平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震
震度分布図



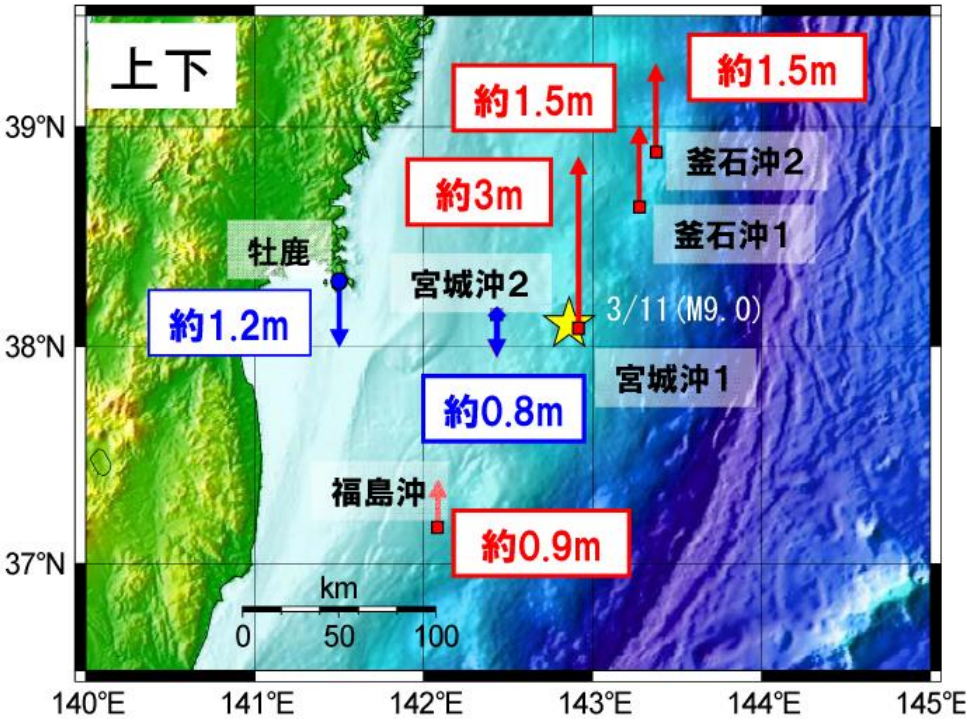
出典：平成23年3月11日14時46分頃の三陸沖の地震について（H23.3.11気象庁）

震央分布図
（2011年3月9日～9月8日16時00分、深さ0～90km、M≧5.0）

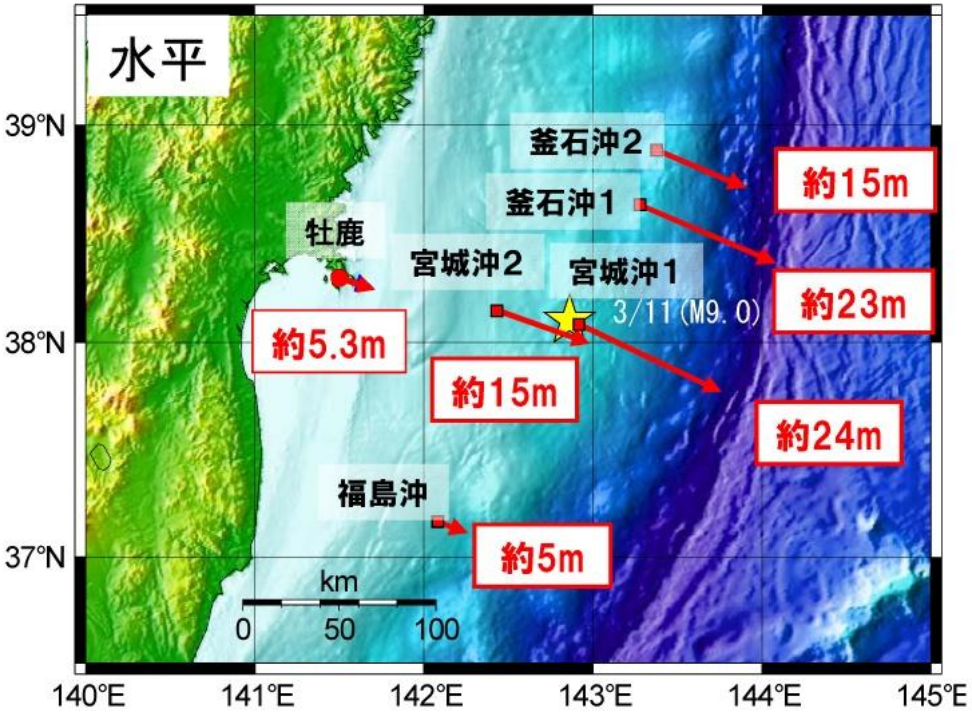


出典：「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について（第55報）（H23.9.8 16:00）

地震に伴う地殻変動



震源のほぼ真上の宮城県沖
の海底約3メートル隆起



震源のほぼ真上の宮城県沖の海底
東南東に約24メートル移動

地震時の体積歪と地下水位の変化の関係

被圧地下水は地震に伴う地殻の膨張・圧縮の影響を受けやすいことが知られている。

（Wang, 1997; Ge and Stover, 2000;　Hamiel et al., 2005など）

地球潮汐による変動からの推定によれば，被圧地下水の水位変化に対する体積歪応答感度は，

～数mm/n strain（1 n strainは10の-9乗の歪）

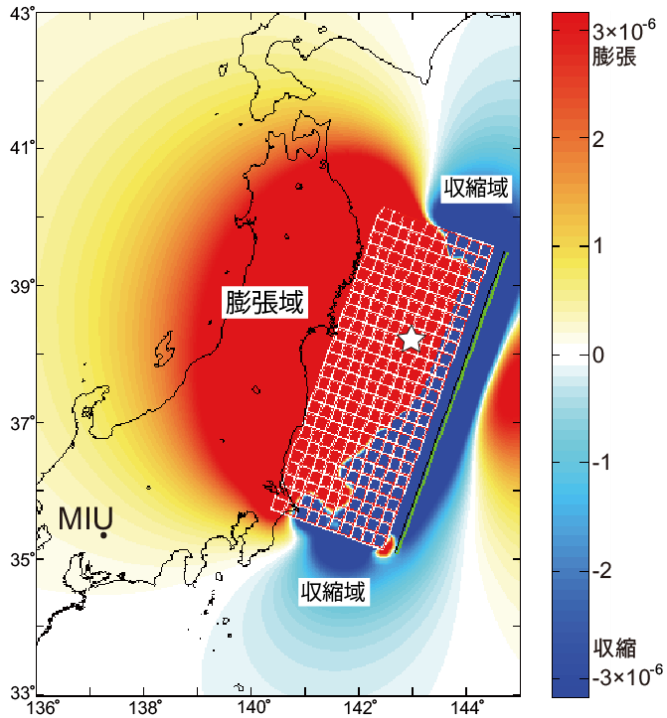
（膨張の時に水位低下）

（Roeloffs, 1988; 川辺，1991など）

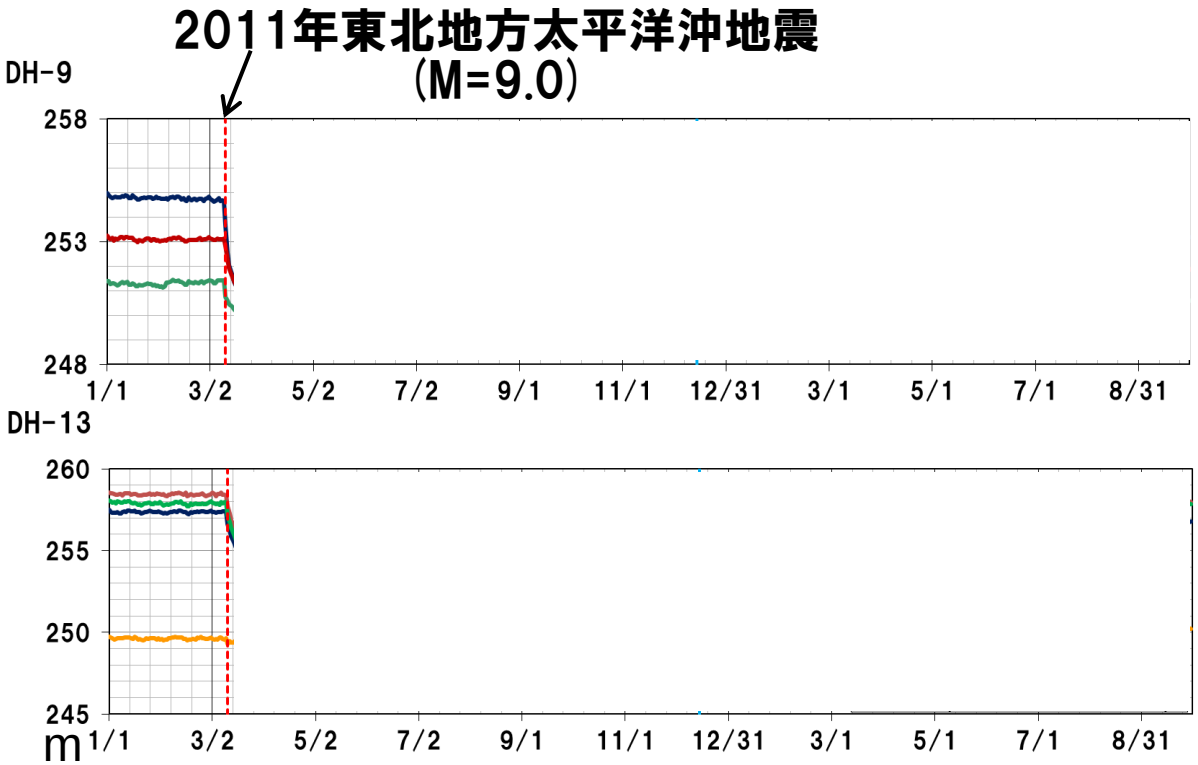
断層モデルを用いたディスロケーション解析によって体積歪の分布は推定可能。

（Lin and Stein, 2004; Toda et al., 2005）

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地下水変化のシミュレーションと観測結果



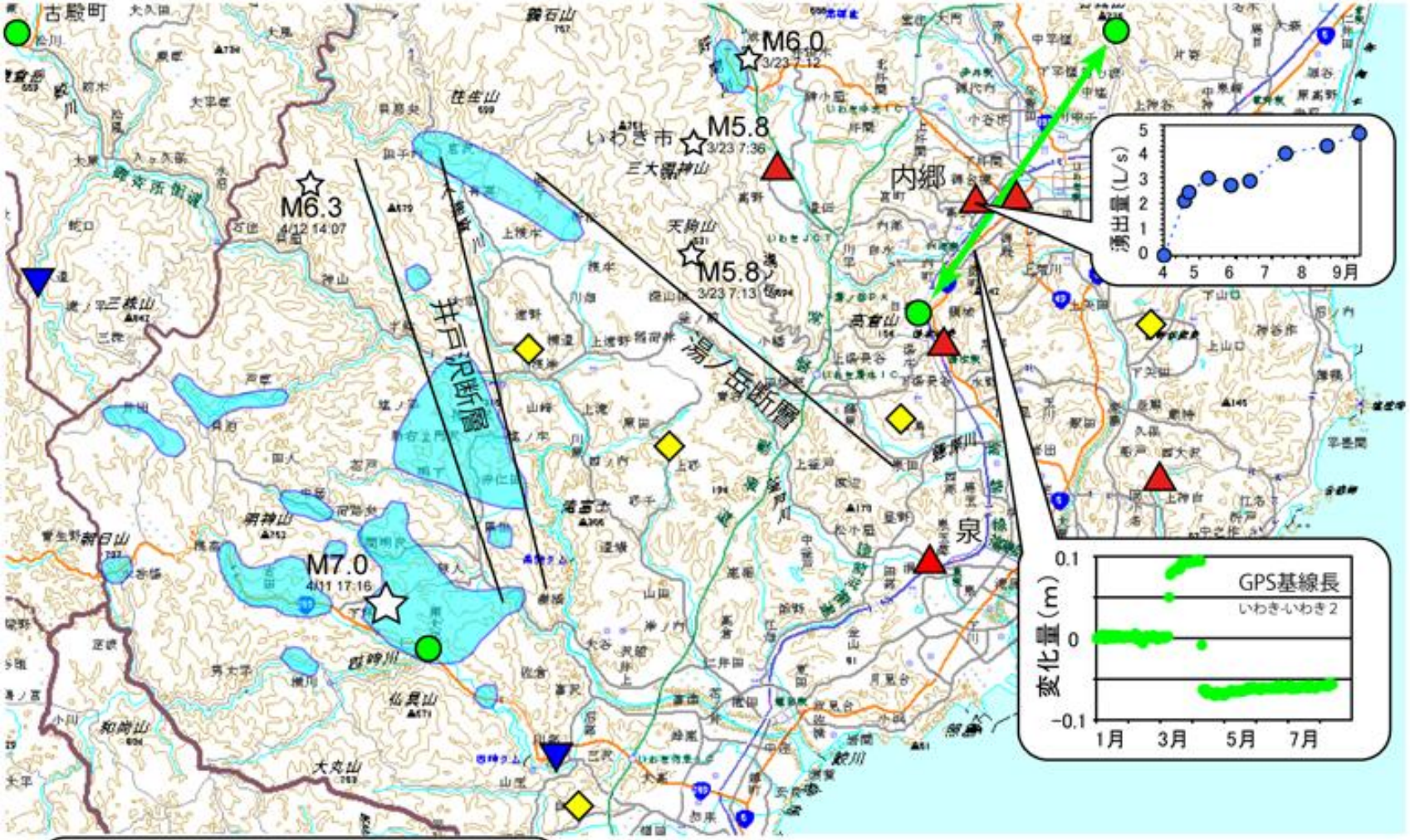
2011東北地方太平洋沖地震に伴う体積歪のシミュレーション結果



東濃地域(DH-9, 13)の地下水圧の経時変化
(2011.1.1～2012.9.30)

- 地震前後に観測された地下水位の変化は，断層モデルを用いた体積歪の変化に基づく計算結果と概ね整合的であった。
- 地震後に変化した地下水圧も，時間の経過につれて変化前の状態に回復していく傾向が認められる。

2011年福島県浜通りの地震に伴う地下水変化



4/11の地震による水位変化

▲ 上昇　▼ 低下　◇ 変化なし

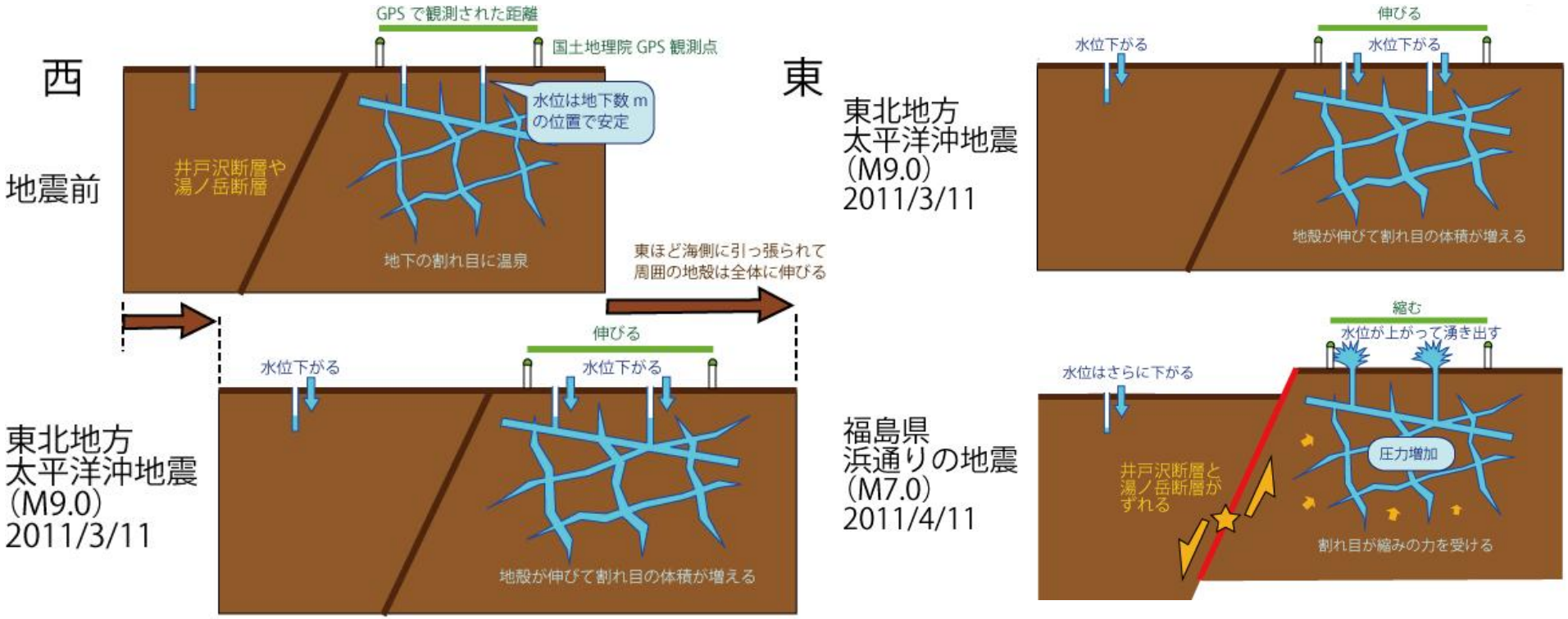
渇水地域
(いわき市資料より)

GPSおよび地図データは国土地理院HPより引用
http://www.gsi.go.jp/

● 国土地理院GPS観測点

4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)の伴う地下水変化

2011年福島県浜通りの地震に伴う地下水変化

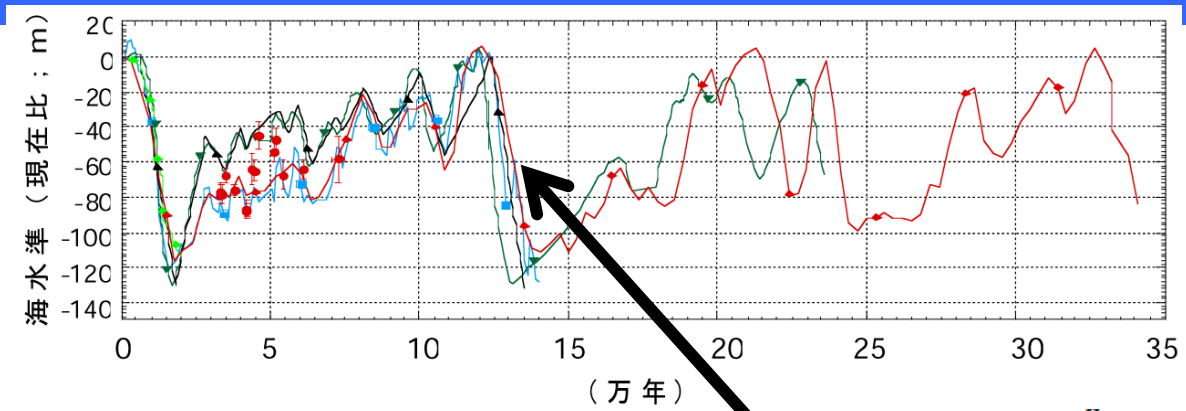


2つの地震に伴う地下水変化に関するモデル（AIST，2011）

沿岸域に分布する規模の小さい正断層は要注意？

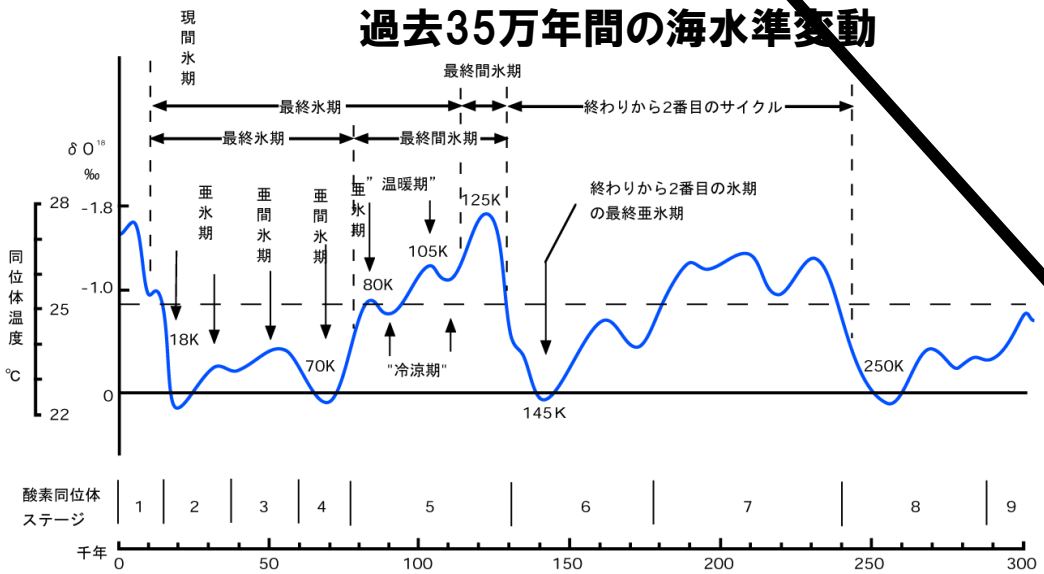
但し，断層は避けるものの・・・

気候・海水準変動に伴う地下水位の変化

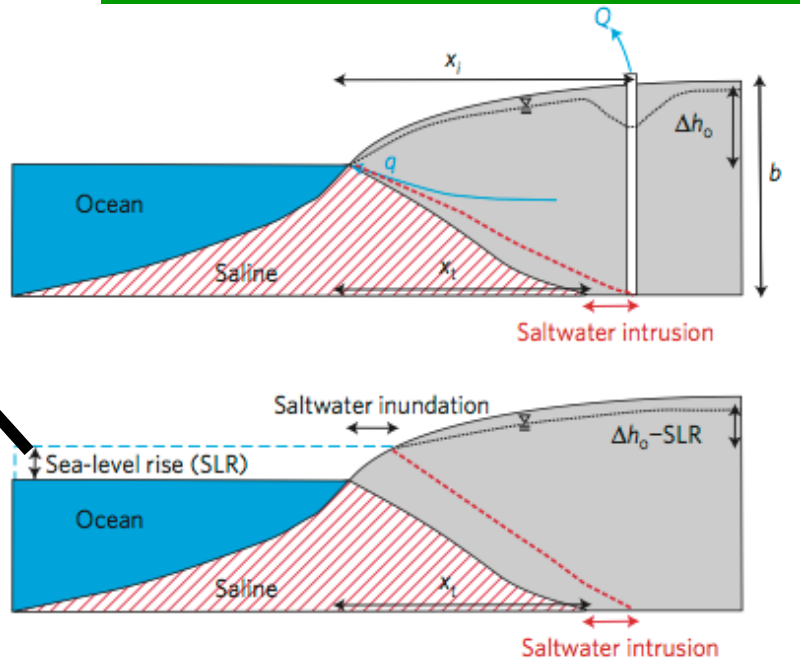


過去35万年間の海水準変動

第四紀後半は急激な温暖化と穏やかな寒冷化が一定の周期で繰り返している（ミランコビッチサイクル）。また，寒冷化に伴う陸上の氷床の発達によって海水準の低下が生じる。



過去30万年間の酸素同位体比（温度）の変動曲線



氷期の海水準変動の方が地下水位の変化により影響

日本学術会議「回答」の背景

2010年9月： 原子力委員会より日本学術会議に審議依頼
「高レベル放射性廃棄物の処分に関する取り組みについて」

- 地層処分に関する取り組みについての国民に対する説明や情報提供のあり方について
  - ① 処分建設地選定に際する地域への説明・情報提供の方策
  - ② NUMO2010技術レポートの役割

2010年9月：「高レベル放射性廃棄物の処分に関する検討委員会（21期）」設置

2011年3月： 東北地方太平洋沖地震・福島第一原発事故発生

2011年9月： 中間報告書，22期検討委員会で継続審議

2012年9月：「高レベル放射性廃棄物の処分について」を回答

これまでの問題点と提言にあたっての基本的な考え方

- ✓ 原子力政策の社会的合意の欠如のまま，処分地選定への合意形成といった転倒した手続き。
- ✓ 現世代の一時的な受益が，超長期にわたる将来世代に危険性を負担。技術的工夫をしても危険性をゼロにすることは不可。
- ✓ 地層処分の負担を受益者である大都市ではなく，人口の少ない地域に負わせるといった不公平さ。

↓

① これまでの政策方針や制度的枠組みを自明の前提にするのではなく，**原点に立ち直って**考え直す。

② 地層処分は，万年単位に及ぶ超長期にわたる汚染の防止と安全性の確保という点で極めて困難であり，国民に対する説明や情報提供の在り方といった**説得技術を超えた問題**と認識。

③ **民主主義の原則**に則って，住民，電力会社，自治体，専門家の間で議論を尽くして合意形成を図ることが不可欠。

原子力委員会への提言（その1）

① 高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策の抜本的見直し

- 立地が困難であるのは説明が原因ではなく，より根源的な次元の問題（転倒した手続き）に起因しており，従来の政策の枠組みを白紙に戻す覚悟で見直す。

② 科学的・技術的能力の限界の認識と科学的自律性の確保

- 超長期の安全性と危険性の問題を対処するための科学的知見には限界があることが，立地を困難にしている要因。
- 特定の専門的見解から演繹的に導かれた単一の方針や政策の提示は，国民に対する説得力を持てない。
- 万年単位に及ぶ超長期にわたって安定した地層を確認することは困難であり，不確実性が残される。→ 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。
- 立地に際しては，自律性のある科学者集団（認識共同体）による審議の場を確保。

③ 暫定保管および総量管理を柱とした政策枠組みの再構築

- 放射性廃棄物の暫定保管（回収可能性を備えた形で，数十年～数百年を目安に保管）と総量管理（総量の上限の確定および脱原子力発電による増分の抑制）を柱として多様なステークホルダーが討論と交渉のテーブルにつくための前提条件となる政策の再構築。

原子力委員会への提言（その2）

④ 負担の公平性に対する説得力ある政策決定手続きの必要性

- 電源三法交付金等の金銭的便益提供を中心とする政策手段は不適切。立地地域に対する受益の還元政策として，社会的重要施設，例えば，政府・電力会社等の機能を移転して，多くの関係者が業務と生活の基盤を置くべき。

⑤ 討論の場の設置による多段階合意形成の必要性

- 暫定保管と総量管理について国民レベルでの合意を得るためには，様々なステークホルダーが参加する討論の場を多段階に設置，公正の立場の第三者が討論をコーディネート，最新の科学的知見を共有した討論の工夫等が必要。

⑥ 問題解決には長期的な粘り強い取り組みが必要であることへの認識

- 中長期にわたって段階的な意思決定を重ねながら問題への対処を進めることが必要。
- 学校教育の中で次世代を担う若者の間でも認識を高めていく努力が求められる。

※「暫定保管」というモラトリアムの設定

- 最終処分の方策確立のためのモラトリアム期間（例えば，核変換技術，容器の耐久性の向上，地層の安定性に関する研究等の進展に期待）。
- 将来世代の選択可能性を保証