

地震・断層活動に関する研究

－ 第1期中期計画期間(H17～H21)の研究成果について －

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研究検討委員会

第7回(2009年11月16日) 1

地震・断層活動に関する研究

1. 断層の発達履歴に関する調査技術

- ・断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術
- ・DEMデータによる変動地形の自動抽出技術

2. 断層の活動性に関する調査技術

- ・水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術
- ・希ガス同位体を用いた変動地形の不明瞭な活断層の調査技術

3. 断層活動の影響評価モデルの開発

- ・断層活動に伴う地形変化のシミュレーション技術

地質環境の長期安定性研究検討委員会

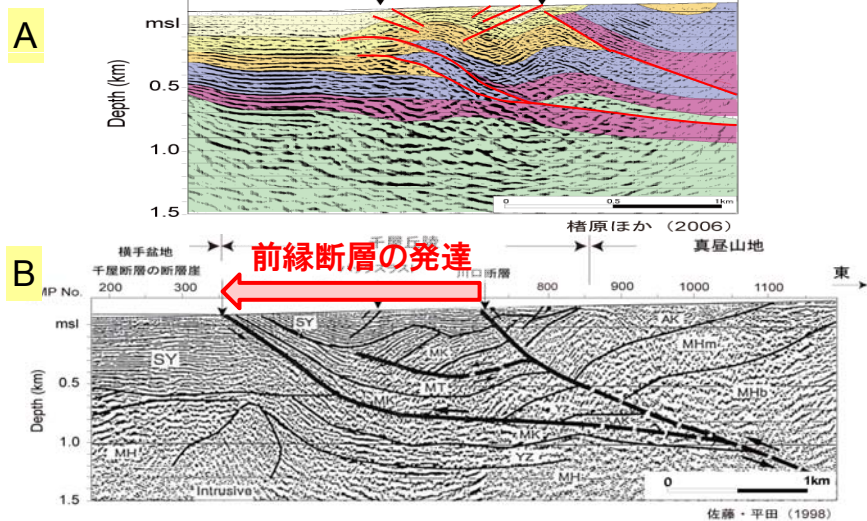
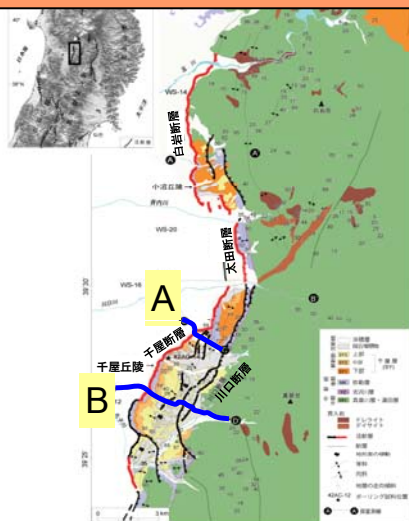
第7回(2009年11月16日) 2

断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術

第1期中期計画期間の目標:

活断層の移動, 伸長, 変形帯の発達過程を把握する調査手法を提示する。

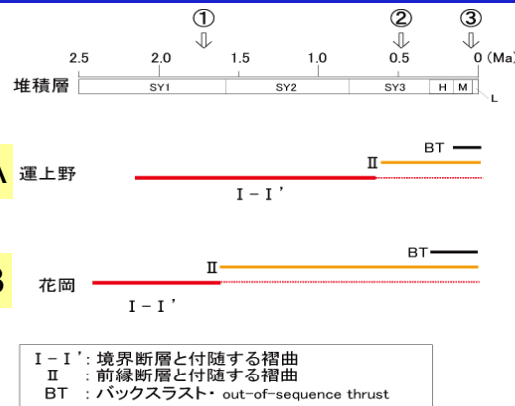
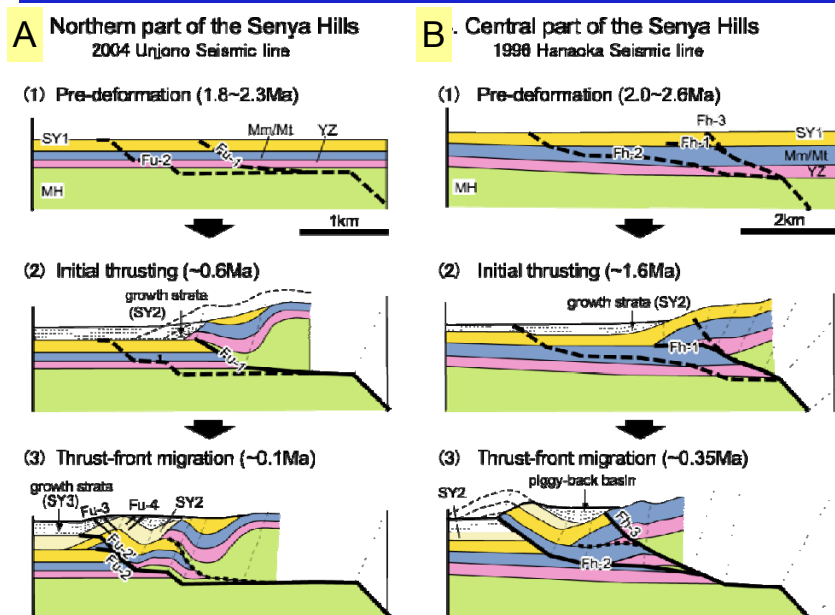
逆断層帯を対象とした調査事例



横手盆地東縁断層帯における探査測線位置及び反射断面(A: 椿原ほか, 2006; B: 佐藤・平田, 1998)

● 反射法地震探査により, 伏在断層を含む断層面形状や撓曲構造を把握

断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術



● 断層帯の発達過程を復元した結果, 現在の地質構造は, 地表に現れる断層のみならず伏在断層の活動にも関連していることを示唆

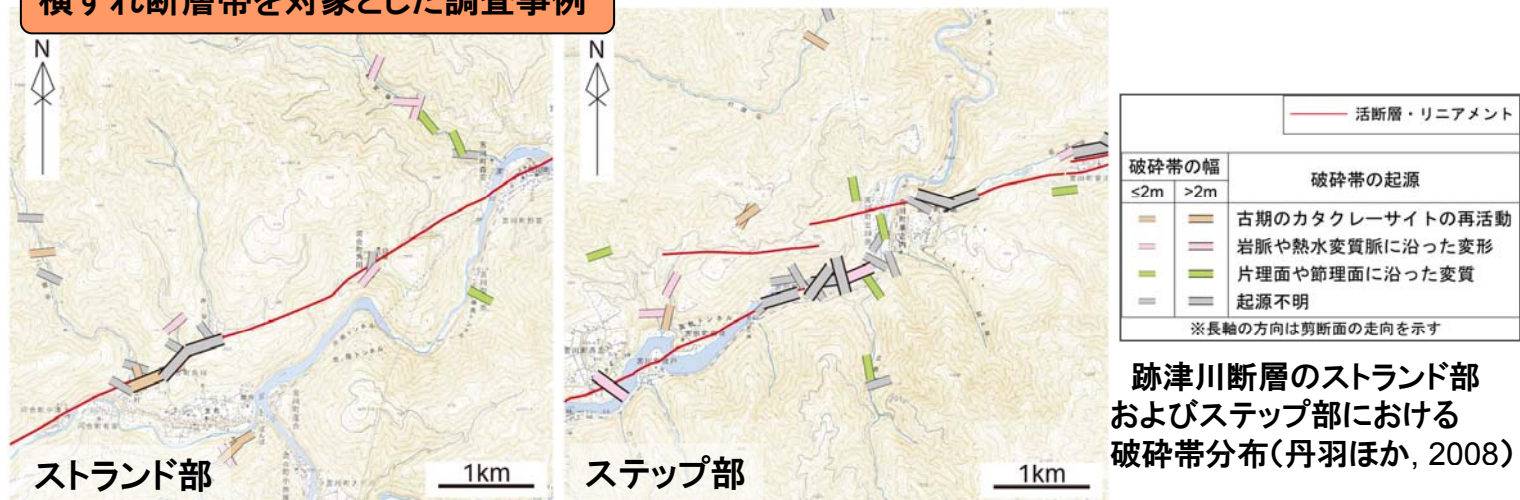
バランス断面解析による千屋断層の構造発達史(椿原ほか, 2006)

反射法地震探査及びバランス断面解析を用いて, 断層帯の成長に伴う前縁断層や撓曲の発達過程及び幅を推定することができた。

→前縁断層の進展過程やその範囲を示す調査技術(概要調査等に反映)

断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術

横ずれ断層帯を対象とした調査事例



- ストランド部における破砕帯の走向は主断層とほぼ同様の走向を示すが、ステップ部においては斜交する方向に卓越

横ずれ断層の破砕帯発達履歴や分布幅を把握するためには、現状の調査結果のみでは不十分である。

→ 第四紀層での破砕帯データの収集, 断層岩中の粘土鉱物の年代測定 等が必要

DEMデータによる変動地形の自動抽出技術

第1期中期計画期間の目標:

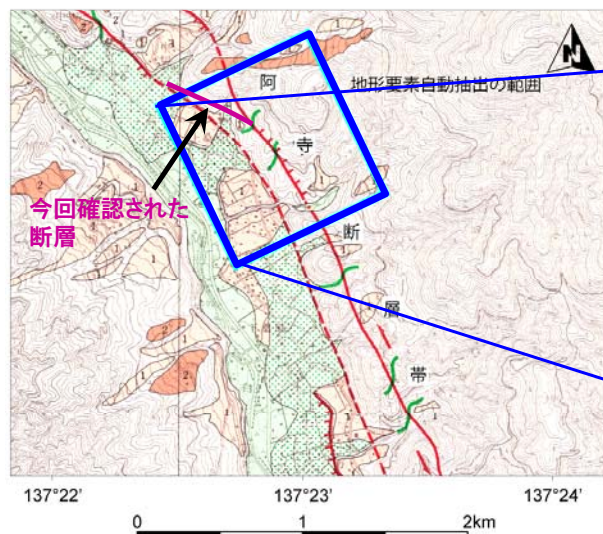
活断層の位置を統一的な基準をもとに把握する調査手法を提示する。



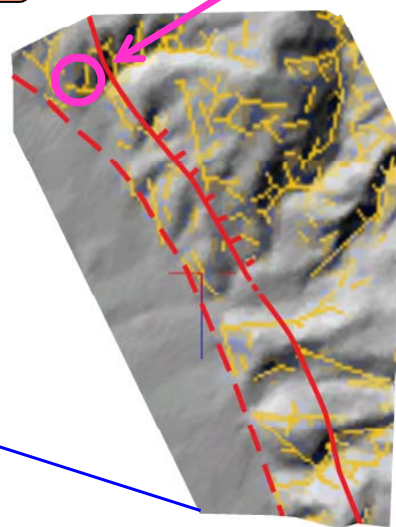
- 地形地質調査や変動地形解析のデータ解析支援ツールとして、統一的な基準で簡便に地形要素を抽出できるツールを開発

DEMデータによる変動地形の自動抽出技術

既存の活断層図に記載されていない断層への適用例



都市圏活断層図(中田ほか, 2006)



LiDAR探査位置



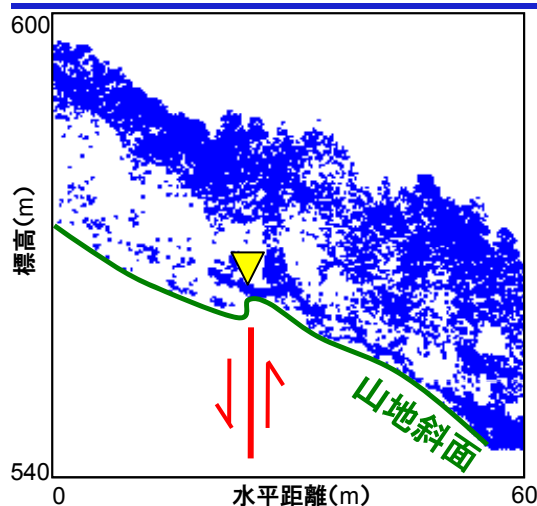
地形要素自動抽出
パラメータ

DEM : 10m
崖角度 : 28度以上
リニアメント長: 20m以上

10mDEM(国土地理院, 2009)を基に
自動抽出したリニアメント分布

- 地形要素抽出プログラムを用いることで、機械的にリニアメントを抽出
- 既存の活断層図において断層が認められていなかった位置にリニアメントを抽出

DEMデータによる変動地形の自動抽出技術



LiDARによる地形計測結果



リニアメントが抽出された位置の現地写真

- 地形要素抽出プログラムによるリニアメント抽出結果を基にLiDAR探査位置を決定
- LiDARの結果より見出された断層地形を現地において確認

地形要素抽出プログラムを用いて、これまで認識されていなかった断層を確認した。
→変動地形学的データを基に断層位置を推定できる調査技術
(概要調査等に反映)

1. 断層の発達履歴に関する調査技術

- ・断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術
- ・DEMデータによる変動地形の自動抽出技術

2. 断層の活動性に関する調査技術

- ・水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術
- ・希ガス同位体を用いた変動地形の不明瞭な活断層の調査技術

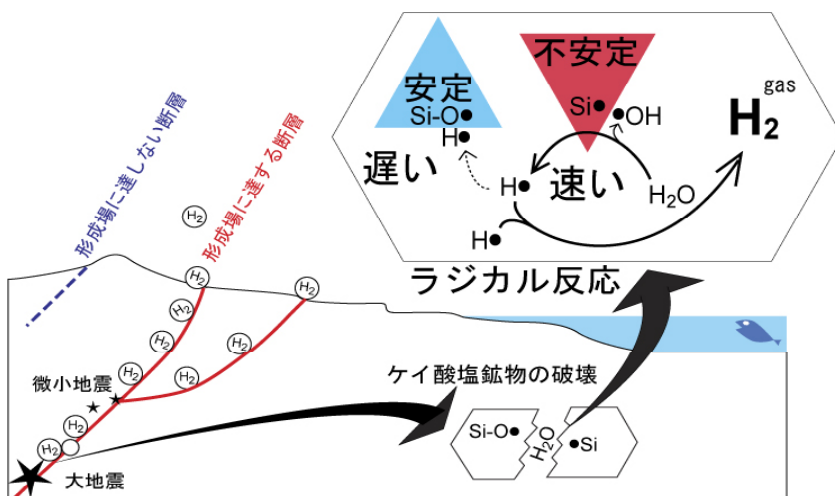
3. 断層活動の影響評価モデルの開発

- ・断層活動に伴う地形変化のシミュレーション技術

水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術

第1期中期計画期間の目標:

断層の活動性を把握するための地球化学的調査手法を提示する。



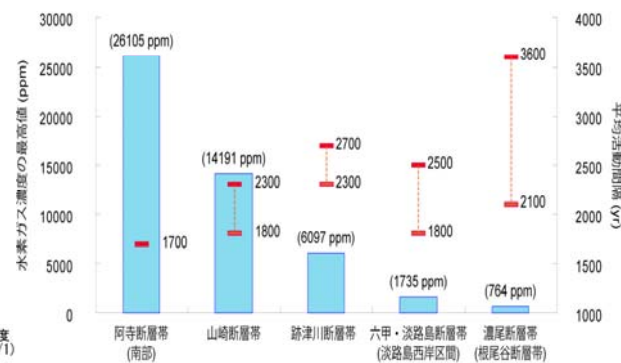
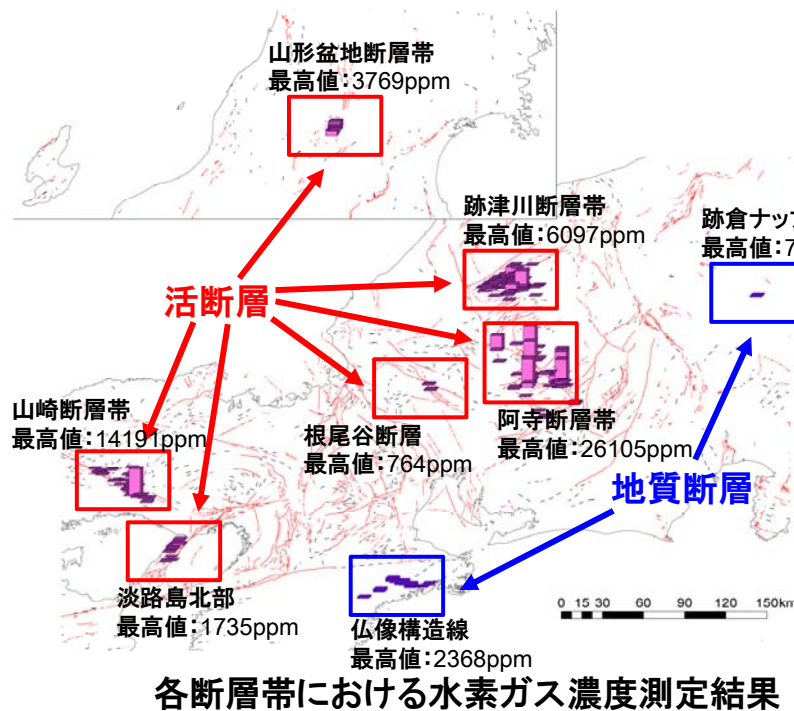
岩盤の破砕に伴う水素ガス発生概念図



測定装置・機材及び測定の様子

- 現地において簡便に水素ガスを測定する手法を考案(Shimada et al., 2008)
- 多点での測定や濃度の時間変化の測定にも対応可能

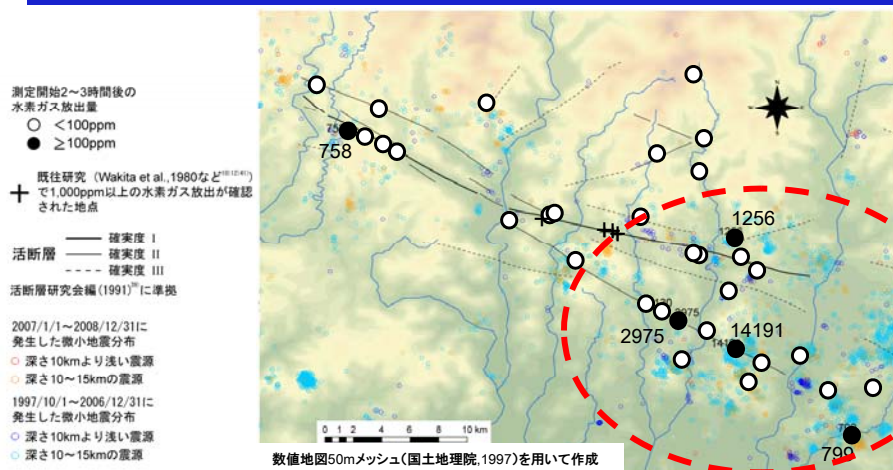
水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術



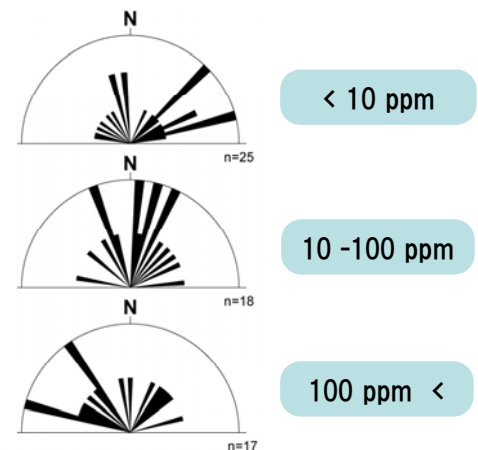
- 水素ガス濃度は活断層沿いで高く、地質断層沿いで低い
- 平均活動間隔が短い活断層帯において高濃度を示す

→断層から放出される水素ガスは、将来の断層の活動性を評価する際の指標となり得る

水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術



山崎断層帯における微小地震の震源および水素ガス濃度分布



跡津川断層帯における水素ガス放出割れ目方位の頻度分布

- 水素ガス濃度の地震活動度に対する依存性を示唆
- 水素ガス濃度の割れ目方向に対する依存性を示唆

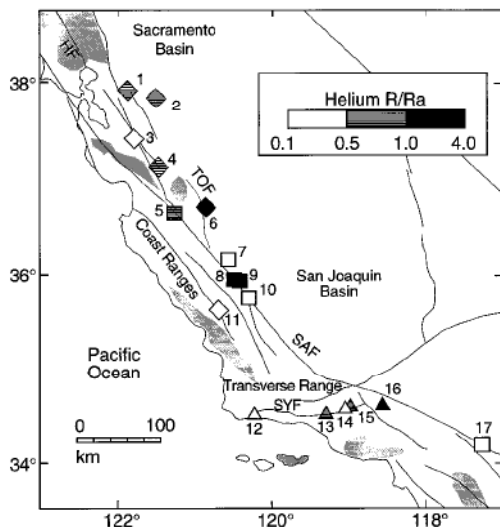
水素ガス濃度は、複数の要素に依存するほか、他ガスの混入による値の変化等を考慮する必要がある。

→調査技術の適用条件の検討が必要(多点での測定, 他調査手法との組合せ, 等)

希ガス同位体を用いた変動地形の不明瞭な活断層の調査技術

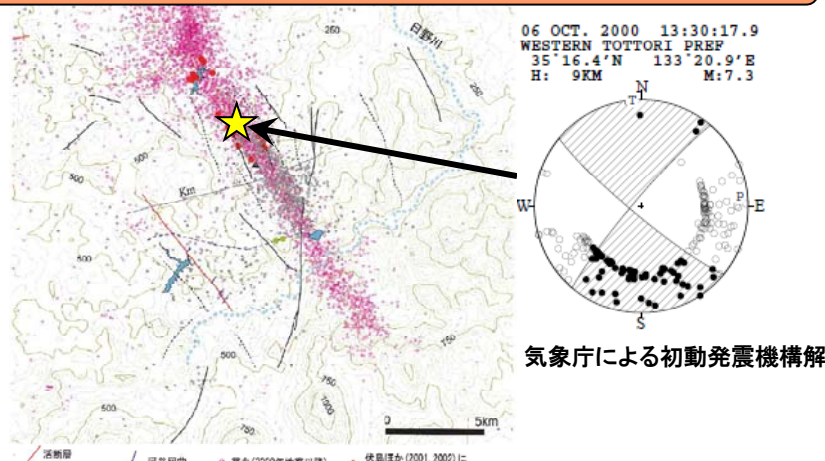
第1期中期計画期間の目標:

変動地形の不明瞭な活断層を把握するための地球化学的調査手法を提示する。



サンアンドレアス断層周辺における $^3\text{He}/^4\text{He}$ 分布(Kennedy et al., 1997)

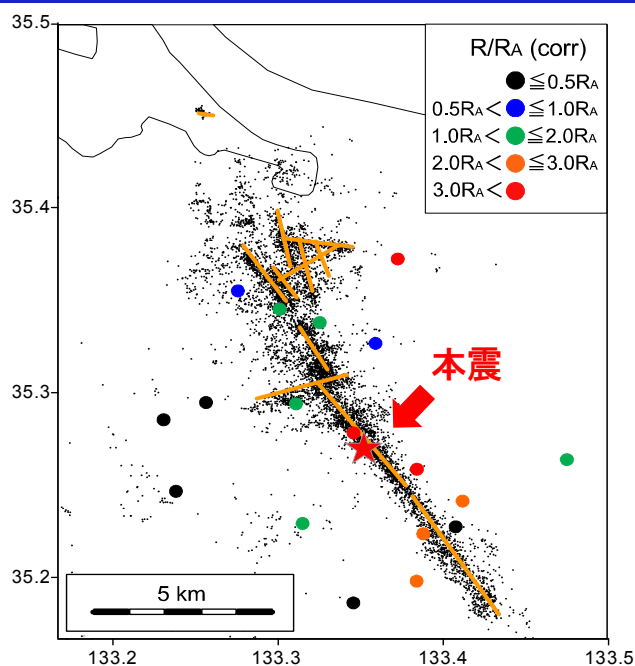
2000年鳥取県西部地震余震域を対象とした調査事例



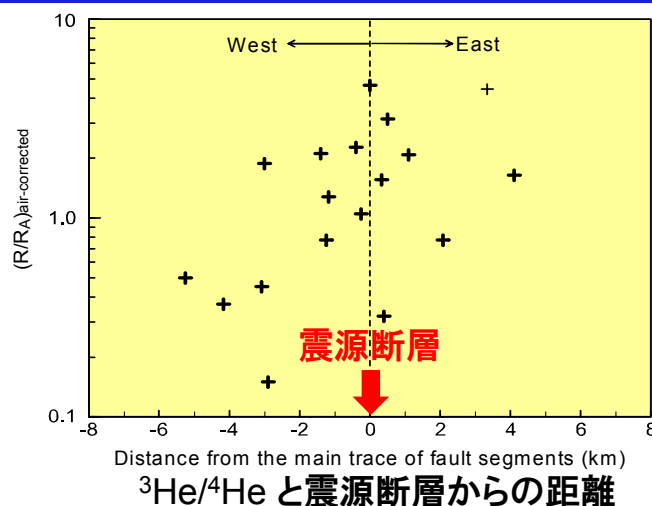
余震域周辺のリニアメント分布(高田ほか, 2003)

● それまで活断層やその可能性が高いリニアメントが知られていなかった領域で発生

希ガス同位体を用いた変動地形の不明瞭な活断層の調査技術



2000年鳥取県西部地震の余震域における温泉ガス・水の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 分布



● $^3\text{He}/^4\text{He}$ は、本震の震央近傍で最も高く、震源断層から離れるに従い低下する

→変動地形が不明瞭な場合でも断層位置を示唆する指標となり得る

→他タイプの断層に対して適用できるかは不明であり、さらなる調査事例の蓄積が必要

1. 断層の発達履歴に関する調査技術

- ・断層の伸長・破砕帯の拡大等に関する調査技術
- ・DEMデータによる変動地形の自動抽出技術

2. 断層の活動性に関する調査技術

- ・水素ガスを用いた断層の活動性の調査技術
- ・希ガス同位体を用いた変動地形の不明瞭な活断層の調査技術

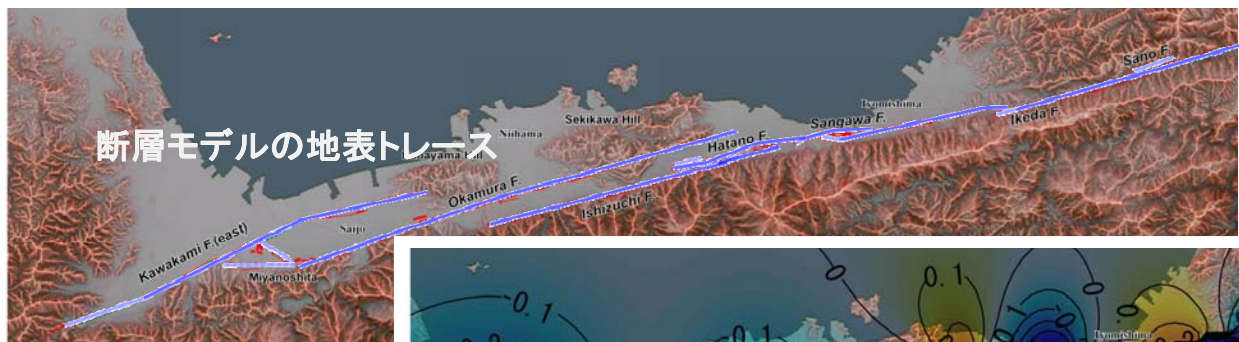
3. 断層活動の影響評価モデルの開発

- ・断層活動に伴う地形変化のシミュレーション技術

断層活動に伴う地形変化のシミュレーション技術

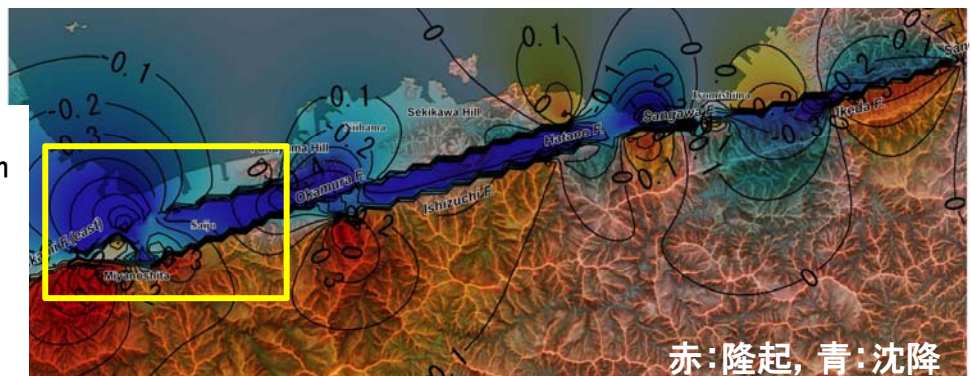
第1期中期計画期間の目標:

断層活動に伴う力学的影響モデルに関する既存手法の適用性を確認する。



解析コード: Coulomb 3.0 (遠田・他, 2002)
解析領域: 東西 60km × 南北 60km × 鉛直 20km
格子間隔: 水平 0.2km, 鉛直 1km
弾性係数: ヤング率 $8.0 \times 10^5 \text{ bar}$
ポアソン比 0.25

断層面: 変位量
2.5m ~ 7.0m (右横ずれ成分)
摩擦係数 0.4

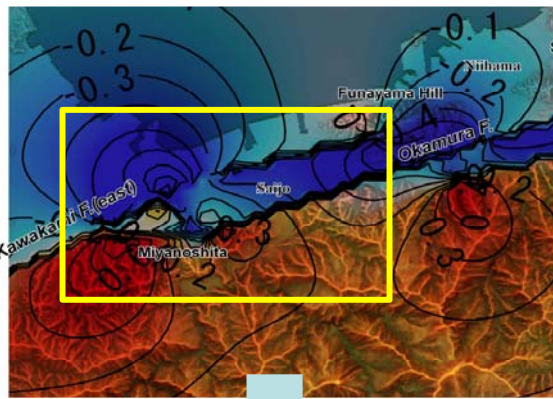


デスロケーションモデルにより推定された鉛直変位量(m)

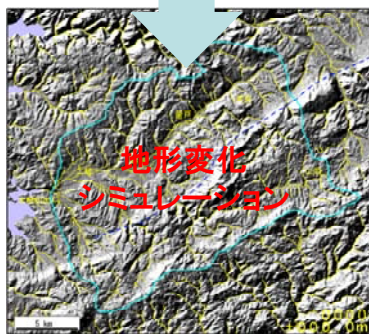
基図 国土地理院の50mメッシュ数値地図により作成した赤色立体地図(赤色立体地図はアジア航測㈱の特許技術です[特許第3670274号])

3)断層活動の影響評価モデルの開発

①断層活動に伴う地形変化のシミュレーション技術

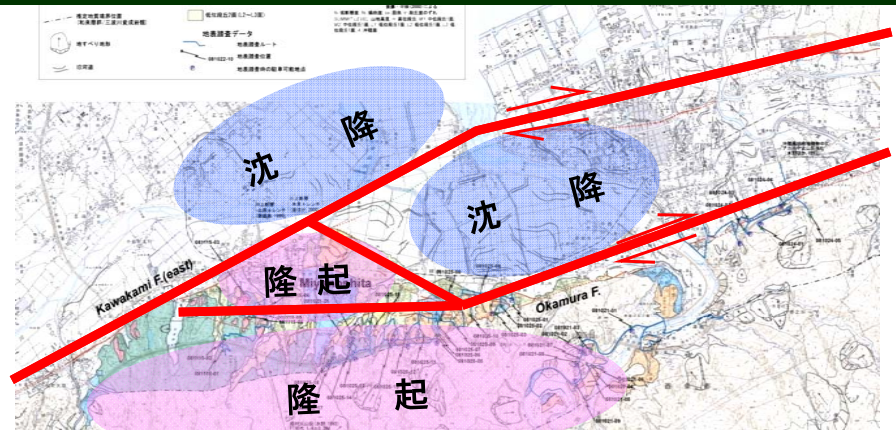


断層活動に伴う
地形変化パターン



● 断層の変位に伴う地形の変化は、断層の屈曲やステップ等の構造不均質により、複雑なパターンを示す。

ディスロケーションモデルにより推定された鉛直変位の傾向は、地形地質調査に基づく隆起・沈降域のパターンと整合的
→断層活動に伴う地形変化を把握するための調査手法
(地形変化シミュレーションへ反映)



空中写真判読および地形地質調査に基づいた地形分類図

地震・断層活動に関する研究(まとめ)

1. 断層の発達履歴に関する調査技術

- ・反射法地震探査及びバランス断面解析による前縁断層の進展過程やその範囲を示す調査技術の提示(逆断層帯)
- ・これまでの調査結果のみからでは不十分(横ずれ断層帯)
- ・地形要素抽出プログラムによる、変動地形学的データを基に断層位置を推定できる調査技術の提示

2. 断層の活動性に関する調査技術

- ・水素ガス濃度が将来の断層の活動性を評価する際の指標となり得ることを確認
- ・ $^3\text{He}/^4\text{He}$ が変動地形が不明瞭な場合でも断層位置を示唆する指標となり得ることを確認

3. 断層活動の影響評価モデルの開発

- ・断層活動に伴う地形変化を把握するための調査手法の提示