

地震・断層活動に関する研究

－ H20年度の成果およびH21年度の計画について －

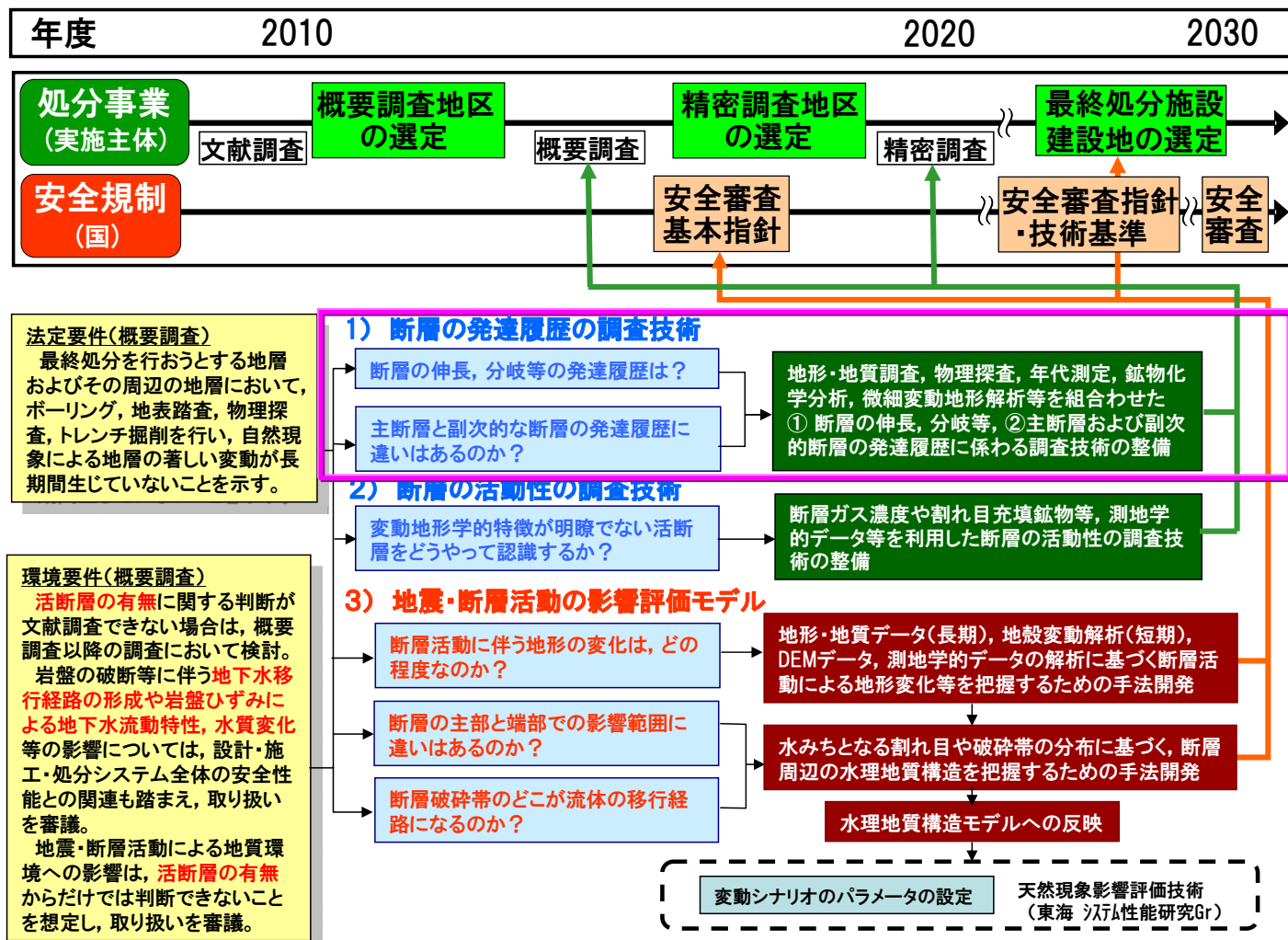
独立行政法人 日本原子力研究開発機構

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6回(2009年3月9日)

1



1) 断層の発達履歴の調査技術

目 標

- ①断層の伸長、分岐等の調査技術の整備
 - ・断層帯の構造(発達史)を考慮した破碎帯の分布・特徴を把握する
- ②副次的な断層の発達履歴の調査技術の整備
 - ・主断層と共役の方向に位置する断層との活動履歴の関係を把握する

これまでの主な成果

- ①跡津川断層(西部)周辺を広域的(断層の両側それぞれ約3～6kmの範囲)に、破碎帯の分布や特徴について調査を実施し、断層帯の構造(連続部、ステップ部、端部)を考慮した破碎帯の分布頻度などを把握した。
- ②阿寺断層及び共役の方向に発達する断層(佐見断層、白川断層、若栃断層、鞍掛峠断層)を対象に、断層破碎帯の性状について調査を実施し、断層の起源がいずれも数Ma以前に遡れることがわかった(同じ弱線に沿って繰り返し活動)。
→上記により、断層発達に関する一連の調査手法の適用事例を提示

1) 断層の発達履歴の調査技術

平成20年度実施内容

- ①断層の伸長、分岐等の調査技術の整備
 - ーDEMデータによる変動地形抽出についてー

目的・概要

次年度以降、断層トレースの長さが数km以下の活断層を事例対象として、変動地形解析、地形・地質調査を行い、変位量分布や地形・地質的な特徴から、断層の端部での伸長、分岐する過程に関する検討を進める予定である。

このため、変動地形解析作業を進めるにあたってのデータ解析支援ツールを整備する。

実施項目

- ・数値地図データを活用して地形要素(谷、崖、地形リニアメント)を自動で抽出し、統計処理を可能とする基本プログラムを開発

①断層の伸長，分岐等の調査技術の整備 －DEMデータによる変動地形抽出(1)－

地形要素抽出プログラムの開発

【解析可能なデータ】

リニアメント抽出

入力データ

- ☒ 数値地図50mメッシュ標高
- ☐ 数値地図5mメッシュ標高
- ☐ GISMAP Terrain
- ☐ レーザー測量データ(世界測地系)

処理範囲

左上 経度 緯度

入力形式

度分秒:ddd/mm/ss.ss
度:ddd.dddd

右下 経度 緯度

測地系

- ☒ 日本測地系
- ☐ 世界測地系

【解析パラメータ】→

【抽出される地形要素】

リニアメント抽出対象

- ☒ 水系
- ☐ 崖

出力データ

地形リニアメント解析

DEM size = 8000 8000
Total no. of linearment : 9987
Total no. of jointed linearment : 9728

OK

パラメータ設定

1. 入力ファイルディレクトリ設定

数値地図50mメッシュ標高 格納ディレクトリ名

数値地図5mメッシュ標高 格納ディレクトリ名

GISMAP Terrain 格納ディレクトリ名

2. リニアメント抽出パラメータ設定

崖判定角度 度以上

直線性判定閾値(2点間の横幅/最短距離) 以内

リニアメント長 m 以上

リニアメント連続性判定

角度 度以内

リニアメント間距離 m 以内

リニアメント間横ズレ幅 m 以内

リニアメント接合優先 ☐ 角度 ☐ 距離 ☒ 両方

リニアメント解析パラメータ設定

線形リニアメント ☐ 非接続 ☒ 接続

線形リニアメントの長さ ~ m

線形リニアメントの方位角の分割単位 度

デフォルト値に設定する

OK キャンセル

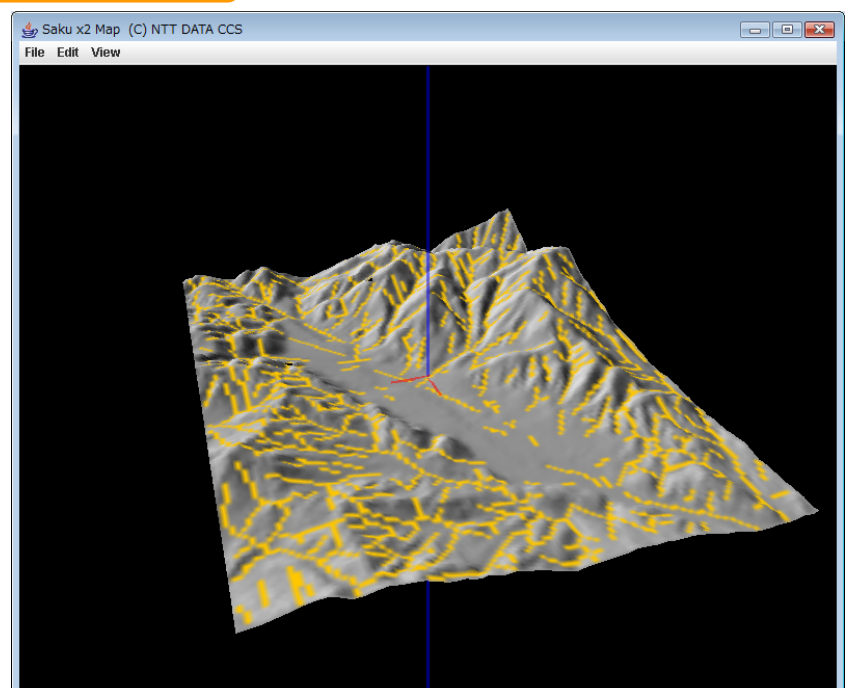
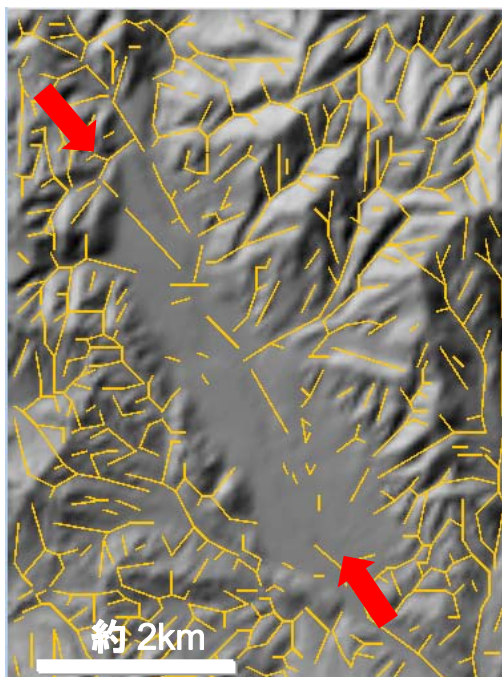
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日)

5

①断層の伸長，分岐等の調査技術の整備 －DEMデータによる変動地形抽出(2)－

地形要素抽出プログラムの開発



50mDEMの解析結果(阿寺断層帯) →

リニアメント抽出結果の3次元表示

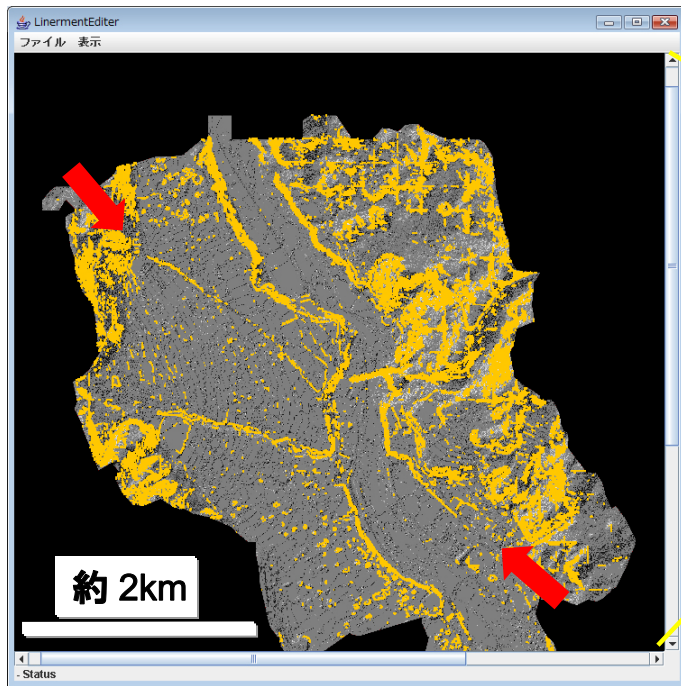
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日)

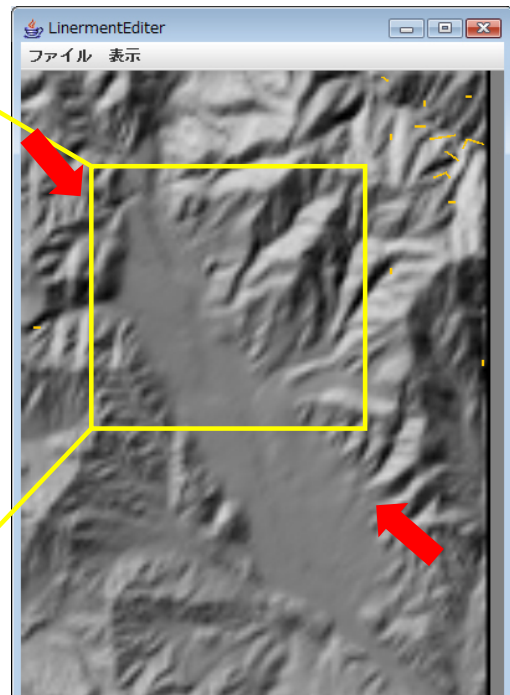
6

①断層の伸長，分岐等の調査技術の整備 ーDEMデータによる変動地形抽出(3)ー

LiDAR データ× 地形要素抽出プログラム



0.5mDEMの解析結果(阿寺断層)



50mDEMの解析結果(阿寺断層)

前回いただいた主なコメントへの対応状況

断層に対して工学的に対処する場合には，断層の変位速度や変位量が重要となる。断層の端部でこういった値を与えるのかといった研究を進めてほしい。

- ⇒ H20年度までの跡津川断層帯を事例対象とした調査では，破碎帯の幅が，断層端部ではストランド部よりも小さくなる傾向にあることがわかった。
- ・さらに現在，跡津川断層帯の追加調査の実施と，発達過程に関する研究などの文献調査から，断層端部について整理を進めているところである。
- ・また，断層トレースの長さが数km以下の活断層を事例対象として，変位量分布や地形・地質的な特徴から，断層の端部での伸長，分岐する過程(変位速度など)に関する検討を進める予定である。

1) 断層の発達履歴の調査技術

平成21年度実施計画(案)

①断層の伸長, 分岐等の調査技術の整備

- ・跡津川断層帯と対象とした断層周辺の変形帯の発達履歴に関するこれまでの成果の取りまとめを行う。
- ・断層トレースの長さが数km以下の活断層を事例対象として, 変動地形解析, 地形・地質調査を行い, 変位量分布や地形・地質的な特徴から, 断層が伸長, 分岐する過程に関する検討を行う。

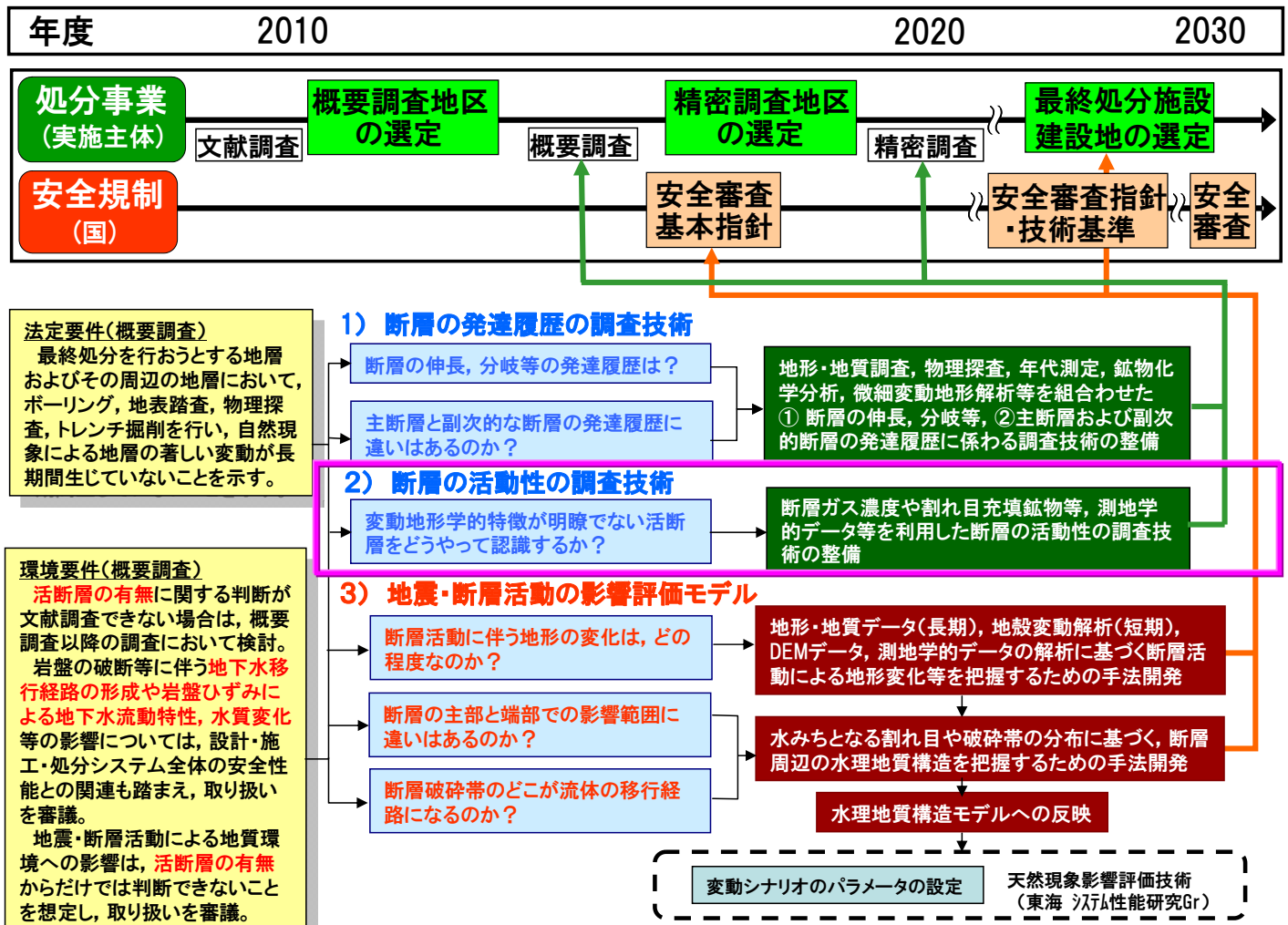
②副次的な断層の発達履歴の調査技術の整備

- ・阿寺断層帯と対象とした主断層と共役の方向に位置する断層の活動履歴に関するこれまでの成果の取りまとめを行う。

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日)

9



2)断層の活動性の調査技術

目 標

①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討

- ・地下深部から放出される流体(断層水素ガス等)を利用して断層帯の活動性を調査する手法の適用性向上を図る。

これまでの主な成果

- ・断層の活動性に関する地球化学的調査として、断層水素ガスについて簡便な測定手法を考案
- ・わが国の幾つかの活断層、地質断層において、断層破碎帯露頭から放出される水素ガスの濃度測定を実施
- ・活断層では地質断層に比べて水素ガス放出量が多い傾向を確認
→ これにより、断層水素ガス測定が断層の活動性に関する調査手法の一つとして有効であることを示した。

2)断層の活動性の調査技術

平成20年度実施内容

①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討

目的・概要

これまでの調査において、主断層の走向に斜交する破碎帯において高濃度の水素ガスの放出傾向が認められた。このため、流体移行経路となりやすい断層・割れ目の特徴を把握し、調査技術の適用性向上を図る。

また、得られた知見は断層帯の透水構造の不均質性を考慮した流体移行特性に関するモデル化に反映する。

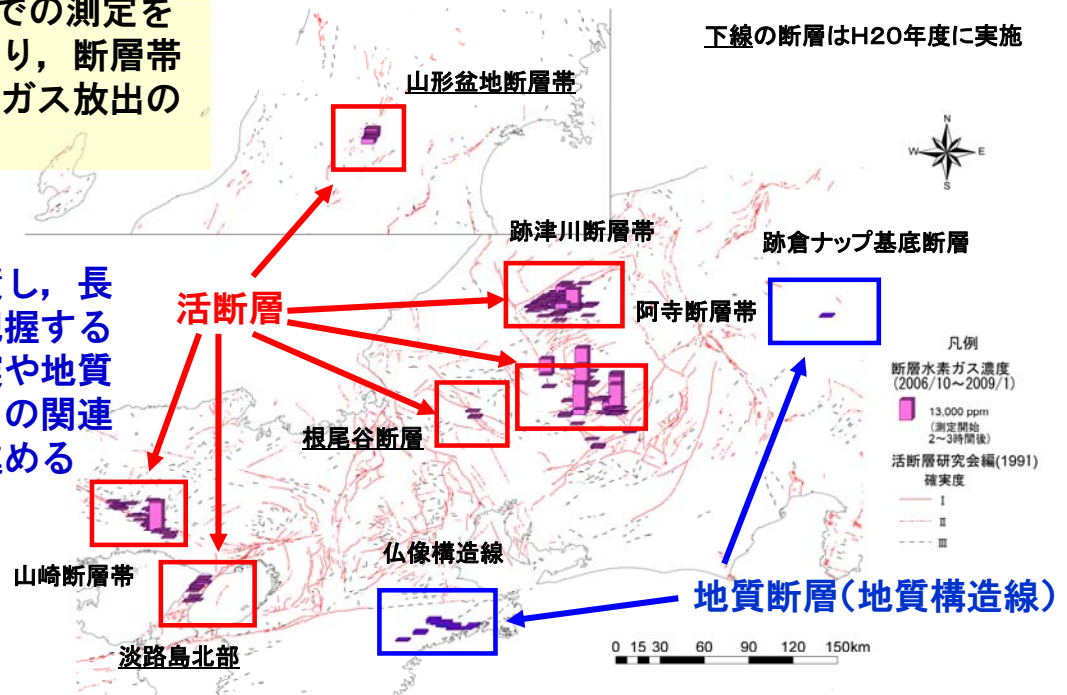
実施項目

- ・国内の複数の活断層および地質断層を対象に、断層破碎帯露頭において水素ガス放出量の測定を実施
- ・跡津川断層帯等を事例対象として、断層水素ガスが高濃度で検出された断層破碎帯露頭において、多地点での水素ガス測定を実施し、破碎帯の走向や性状との関連性について検討

①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討(1)

▶ 短期間で多地点での測定を実現することにより、断層帯周辺における水素ガス放出の傾向を把握

今後、データを蓄積し、長期的な変動傾向を把握するとともに、微小地震や地質構造、地殻歪み等との関連性について検討を進める



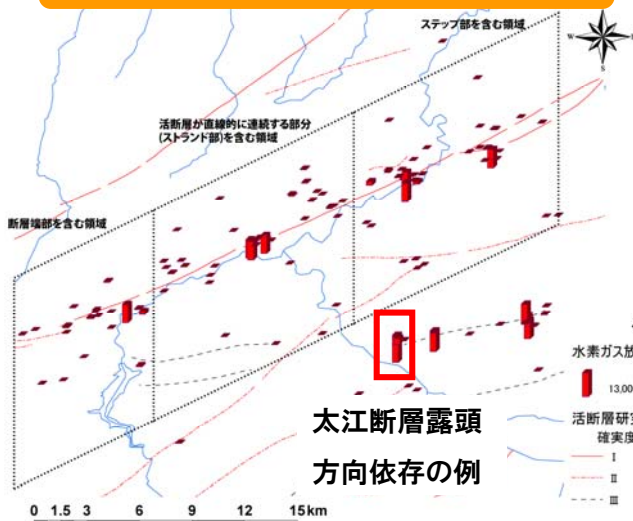
⇒活断層では地質断層に比べて水素ガス放出量が多い傾向を認めた

地質 跡津川断層帯，阿寺断層帯，山崎断層帯，根尾谷断層，淡路島北部，山形盆地断層帯，仏像構造線，跡倉ナップ基底断層周辺における水素ガス放出傾向

13

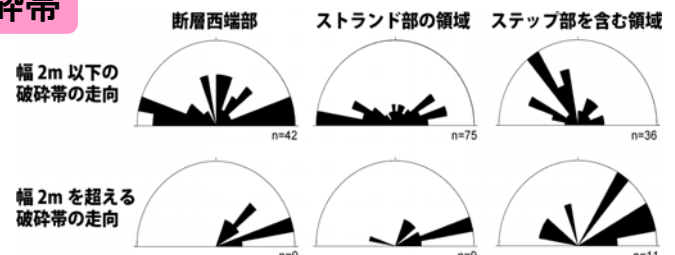
①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討(2)

跡津川断層での事例研究



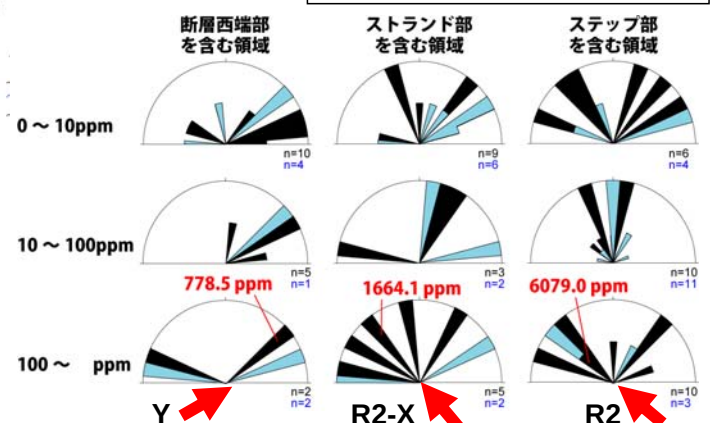
水素ガス放出量の分布に不均質性が認められる。また、跡津川断層の方向(ENE走向)に対して斜交する走向(R2, X面相当)を持つ破碎帯で、高濃度の水素ガスが放出される傾向がある。

破碎帶

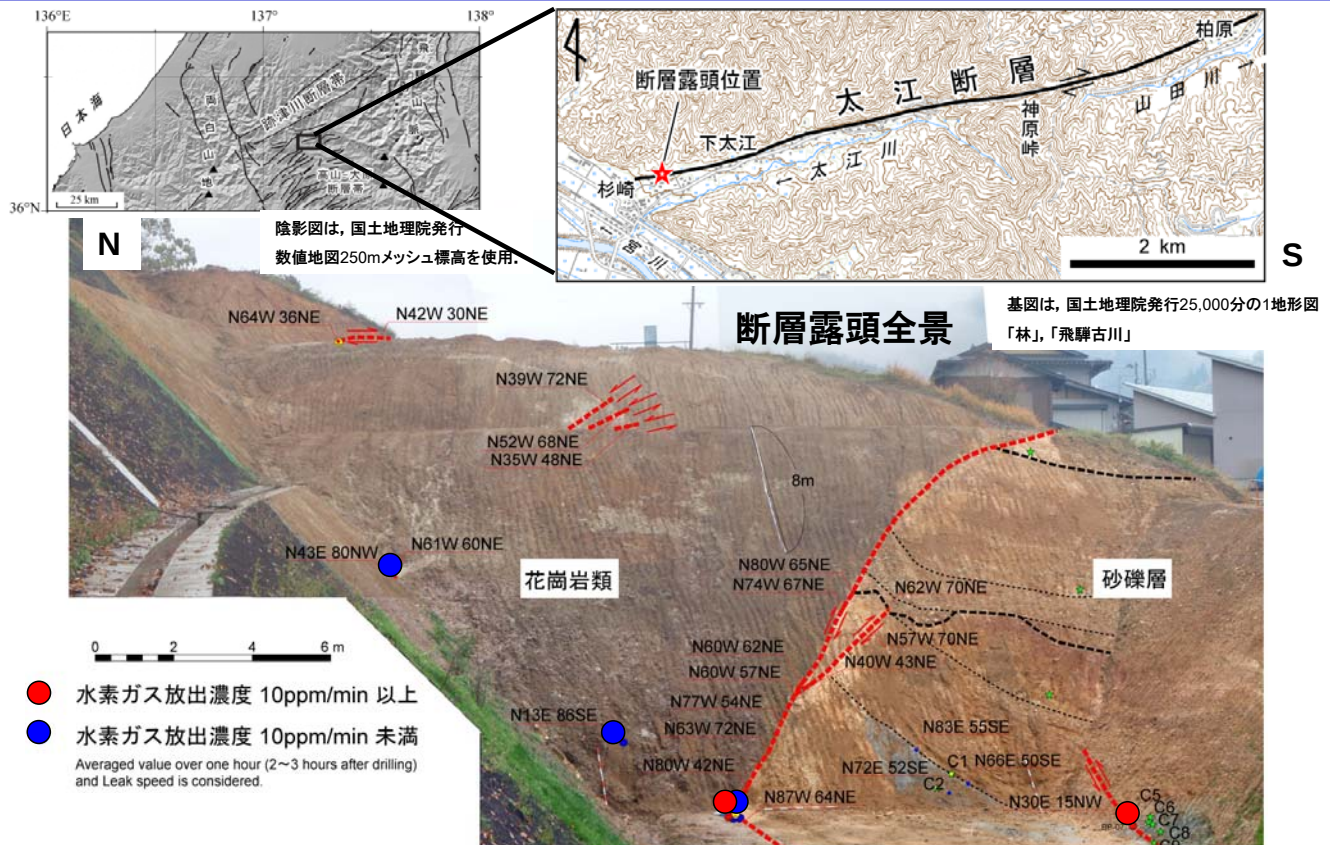


水素ガスの放出

- ・黒色:07年度までの測定結果
- ・水色:08年度測定結果



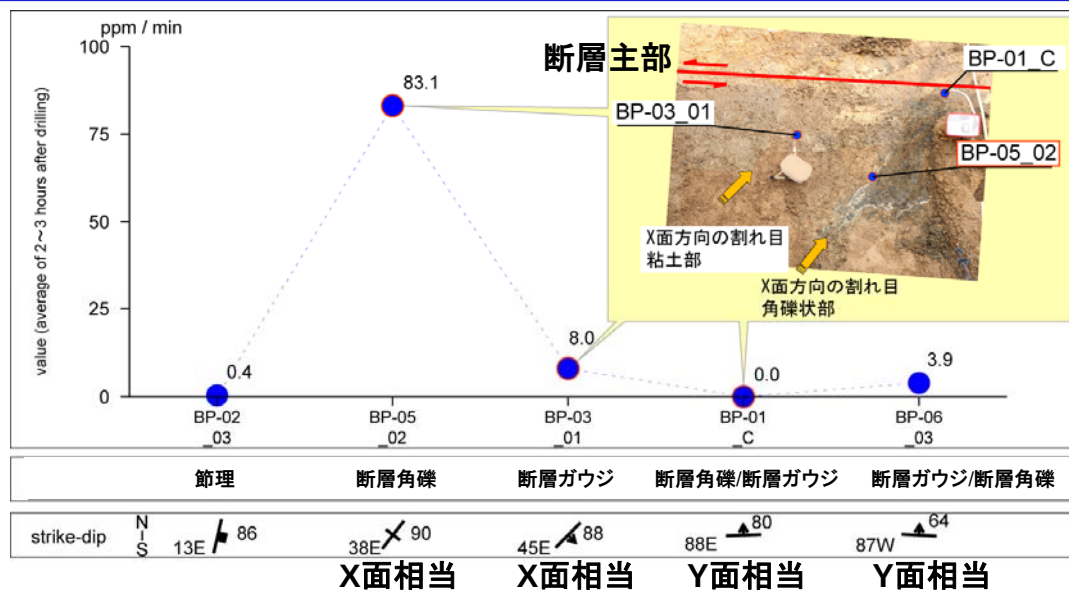
①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討(3)



地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日) 15

①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討(4)



露頭スケールで水素ガスの放出濃度をみると、
破碎帯内構造の方向と水素ガス濃度の関係は、
X面相当 > Y面相当

破碎帯の種類と水素ガス濃度の関係は、
断層角礫 > 断層ガウジ

露頭スケールにおいても、
斜交する走向(X面相当)を持つ
破碎帯で、高濃度の水素ガス
が放出されることがわかった。

断層の構造を
把握することの
重要性を再
認識

地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日) 16

前回いただいた主なコメントへの対応状況

断層水素ガスについては、時間的な経過を考慮した観測データも重要であり、ローカルな微小地震との関係などの検討にも有効ではないか。

⇒・H20年度の断層水素ガス調査では、高濃度の水素ガス放出の認められた破碎帯を対象に、24時間程度の測定を実施し、微小地震との関係などについて検討中である。

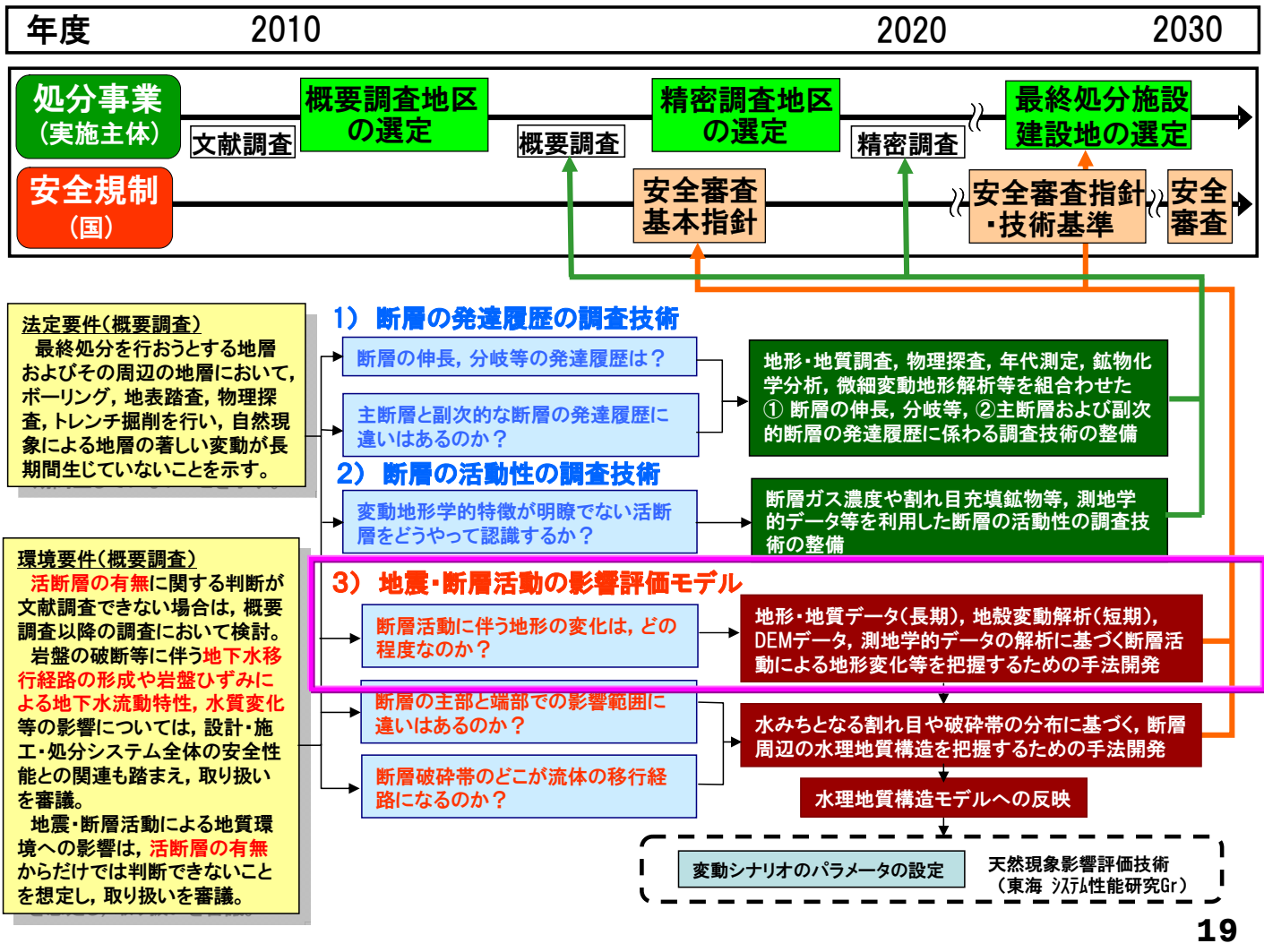
・H21年度以降の計画として、水素ガス放出の長期的な変動傾向を把握するための測定と、微小地震や地質構造、測地学的データなどの地殻変動に関する情報を合わせた検討を進める予定である。

2)断層の活動性の調査技術

平成21年度実施計画(案)

①断層ガスを利用した調査技術の適用性検討

- ・地下深部から放出される流体を利用した調査として、水素ガスに加えて、メタンガス、二酸化炭素などを合わせて測定データを蓄積。
- ・高濃度の水素ガス放出の認められた破碎帯を対象に、水素ガス放出の長期的な変動傾向を把握。
- ・測定結果に基づき、流体の起源を推定するとともに、微小地震や地質構造、測地学的データなどの地殻変動に関する情報と合わせた検討を行い、断層帯の活動性評価への適用性について検討。
- ・また、断層破碎帯の分布・性状に関するデータが豊富な断層(跡津川断層帯や阿寺断層帯など)を対象に断層ガス測定を行い、断層破碎帯の走向や性状(破碎帯物質の性質など)と断層ガスの放出量分布や断層破碎帯の透水性との関連性について検討。



3)地震・断層活動の影響評価モデル

目標

①断層活動による地形変化等の把握

- 断層活動に伴う周辺岩盤の変形領域や地形変化を推定する手法として、数値解析手法などの適用性の高度化を図る。

これまでの主な成果

- 断層活動による周辺岩盤の力学的影響範囲に関する知見として、跡津川断層周辺の破砕帯分布頻度に関する調査事例を示した。
- 断層周辺の岩盤の変形領域や地形変化について、中央構造線(四国)を対象に地殻変動解析プログラム(Coulomb3.0)を用いた予備解析を行い、数値解析手法の適用性の検討を進めた。

3)地震・断層活動の影響評価モデル

平成20年度実施内容

①断層活動による地形変化等の把握

目的・概要

断層活動に伴う周辺岩盤の変形領域や地形変化を推定する手法として、地殻変動解析プログラム(Coulomb3.0)の有効性を検討する。

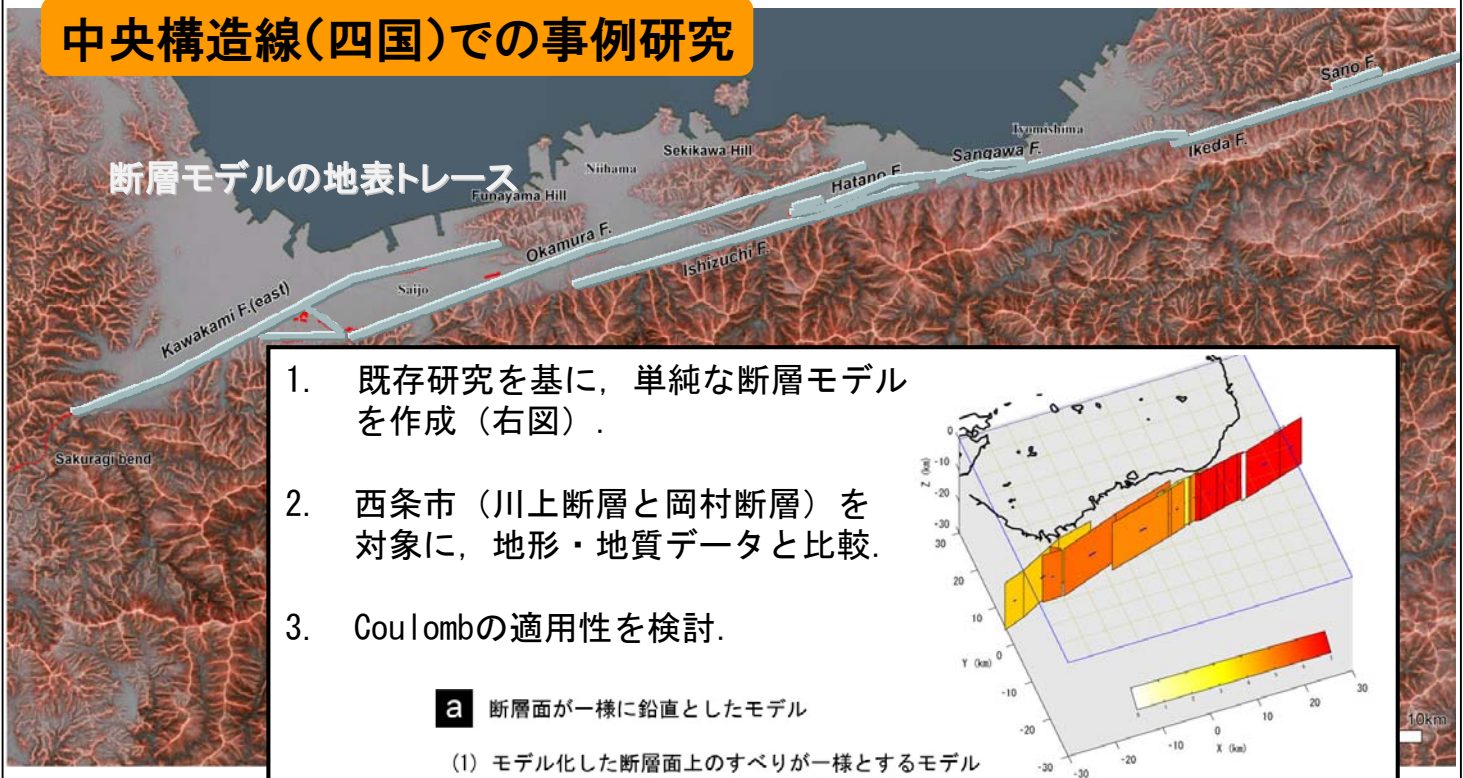
実施項目

・中央構造線(四国)を事例対象として、昨年度より解析範囲を拡大してCoulomb3.0を用いたモデル計算によって求められる上下変位・体積歪分布の結果と現地データ(地形配置・地質構造)との比較・検討を実施

①断層活動による地形変化等の把握(2)

中央構造線(四国)での事例研究

断層モデルの地表トレース



①断層活動による地形変化等の把握(1)

中央構造線(四国)での事例研究

解析の設定は,

解析領域: 東西 60km×南北60km

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: 断層面の地表位置 後藤・中田(2000)

断層面の上限は 標高0m均一, 下限深度は15km

変位量は各断層毎に設定 2.5m~7.0mの範囲

摩擦係数 一律 0.4

(典型的な横ずれ断層で得られた値; Harris and impson, 1998)

傾斜角 a: 断層面が一様に鉛直

b: 地表変位の相対的隆起側に70~85° 傾斜

c: 地下2km以深を傾斜40° (表層2kmは85°)

基図は国土地理院発行の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 [特許第3670274号]を使用した。)

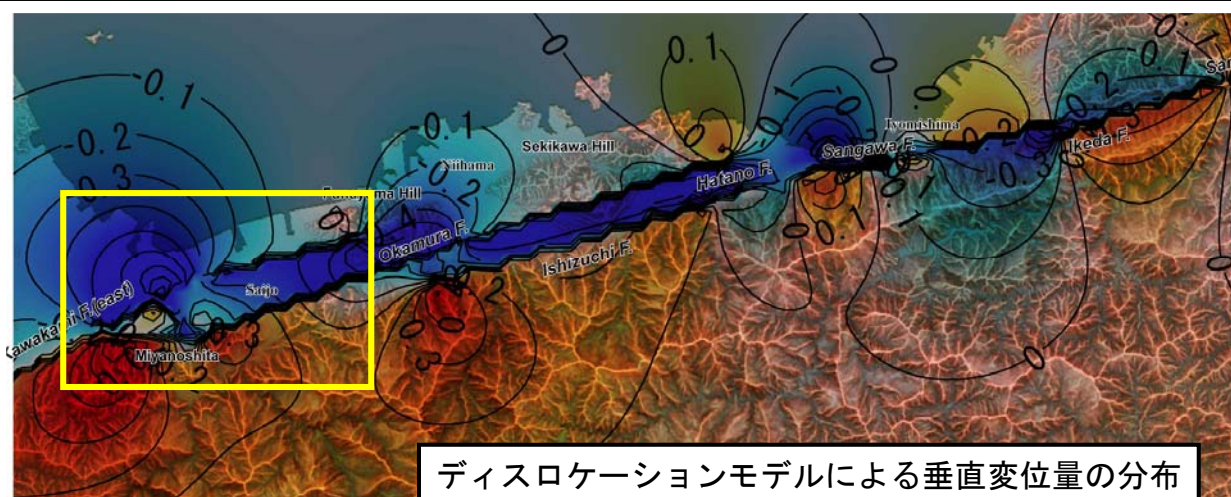
地質環境の長期安定性研究検討委員会

第6回(2009年3月9日) 23

①断層活動による地形変化等の把握(2)

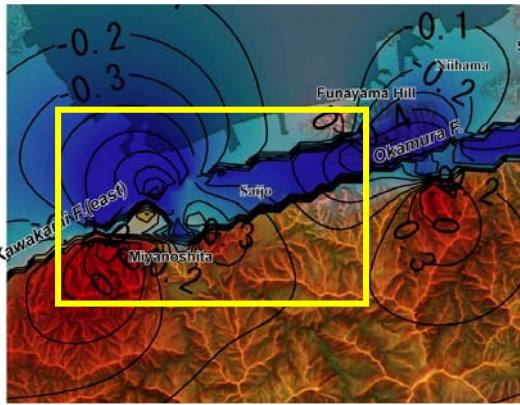
中央構造線(四国)での事例研究

断層モデルの地表トレース

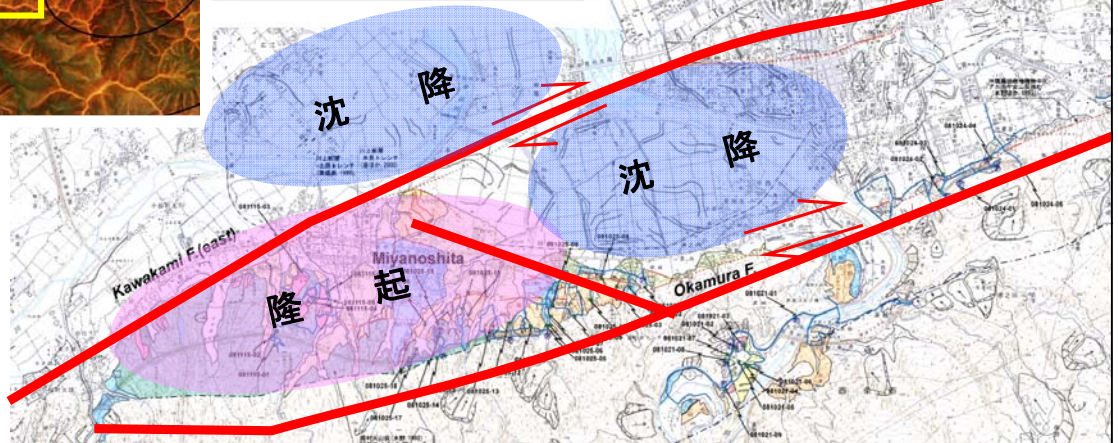


ディスロケーションモデルによる垂直変位量の分布

①断層活動による地形変化等の把握(3)



空中写真判読および野外調査に基づいた地形分類図



基図は、国土地理院発行
25,000分の1地形図
「壬生川」、「伊予小松」、「西
条北部」、「新居浜」、「西条」、
「別子銅山」

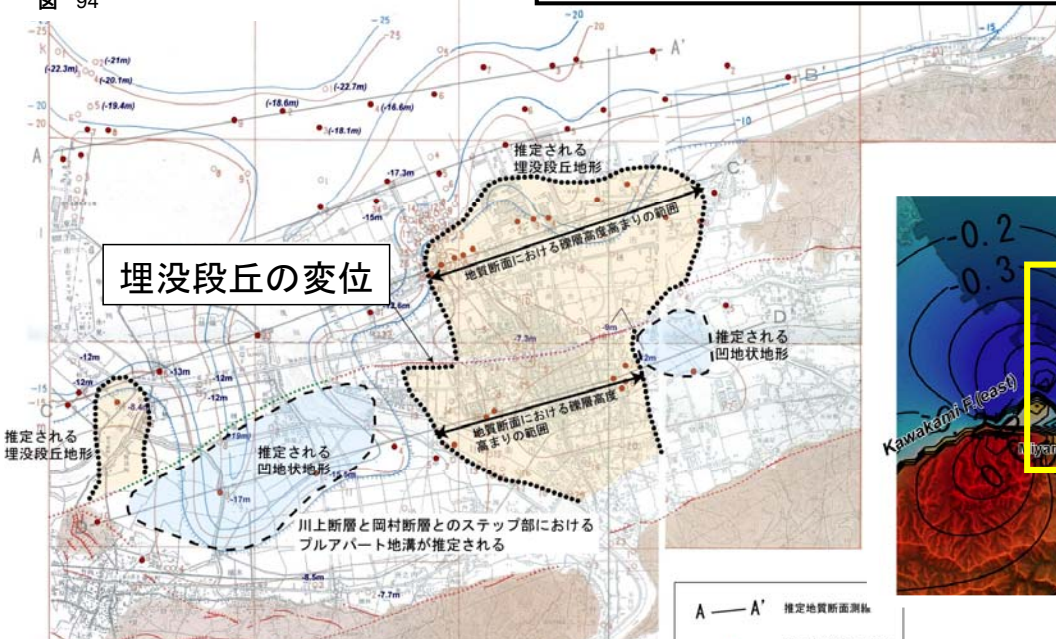
➤単純化させた断層モデルではあるが、地表の累積的な変形と整合的な変位分布が算定された。

➡地形変形における数値解析の有効性を示唆。

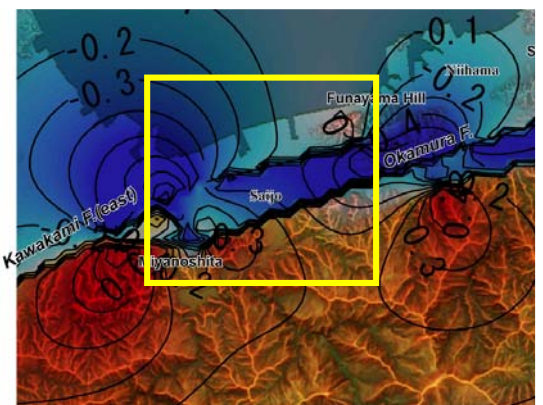
①断層活動による地形変化等の把握(4)

基図は、中国地方地盤研究会
編、1994、四国臨海平野地盤
図 '94

ボーリング資料の対比から推定される地下地質構造



○1 ボーリング地点および番号
上部粘土層(UC)の下層
地下等深線 (単位: m)
上部粘土層(UC)の厚さ
5 m以下の範囲
最下部層1mの上層
地下等深線 (単位: m)



➤断層モデルの詳細部の再現性は低いですが、ボーリング資料の対比から埋没段丘面の変位を推定。

➡断層下盤（沈降側）の地下地質の重要性を示唆。

3)地震・断層活動の影響評価モデル

平成21年度実施計画(案)

①断層活動による地形変化等の把握

- ・国内の活断層帯(跡津川断層帯や阿寺断層帯など)を事例対象として, 地殻変動解析(Coulomb3.0), DEMデータによる変動地形抽出などの数値解析を総合的に実施

- ・解析結果の妥当性について現地で取得したデータ(地形・地質データ, 地下構造データ, リモートセンシングデータなど)との比較・検討を行い, 断層活動に伴う周辺岩盤の変形領域に関する数値解析手法の有効性について評価

以上