

資料—4

2012/5/21

原子力土木委員会

# 土木学会 原子力土木委員会 活断層評価部会

平成23年度活動報告(案)

平成24年度活動計画(案)

# 部会活動の背景, 目的

## ■背景

(1)耐震設計審査指針の改訂を受け、新耐震指針による安全審査及び新耐震指針に照らした既設発電所の耐震安全性の確認が進められている。

(2)新耐震設計審査指針の運用・解釈を明確にすることを目的として、「発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き」が原子力安全委員会では了承された(平成22年12月16日)。

## ■目的

原子力安全委員会、原子力・安全保安院、電気協会等の指針等の要求事項を踏まえ、より具体的な活断層等の調査・評価手法、仕様の検討および震源断層評価のための活断層調査・評価手法の体系化を図り、

・原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る

活断層調査・評価技術

として取り纏める。

# 部会活動全体計画

## (1) 平成21年度

### → 「技術書」の全体構成の検討, および資料収集・分析

- ・「技術書」案の検討にあたり、全体構成、調査及び評価の概略フローをまとめる。
- ・耐震安全性評価における活構造調査・震源断層評価に関する事例収集・分析。

## (2) 平成22年度

### → 活断層等の調査・評価手法の検討

- ・「活断層等に関する安全審査の手引き」, 前年度までに収集した事例をもとに、より具体的な活断層等の調査・評価手法等の文案を検討。

## (3) 平成23年度

### → 震源断層評価のための活断層調査手法の検討

- ・地形調査・地質調査・地下構造探査・地震観測・地殻変動観測データを総合的に用いた、震源断層評価のための活構造調査手法を検討し、「原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る活断層調査・評価技術」として取りまとめる。

# 部会委員構成(敬称略, 2012/2現在)

主査 副主査 委員 (専門)	山崎 晴雄	首都大学東京			
	井上 大榮	(財)電力中央研究所			
	吾妻 崇	産業技術総合研究所			
	阿部 信太郎	地震予知総合研究振興会			
	岡田 知己	東北大学			
	奥村 晃史	広島大学			
	香川 敬生	鳥取大学			
	金折 裕司	山口大学			
	蔵下 英司	東京大学地震研究所			
	高橋 成実	海洋研究開発機構			
佃 榮吉	産業技術総合研究所				
平松 良浩	金沢大学				
委員 (委託側)	藪 正樹	北海道電力(株)	幹事長	仲田 洋文	中部電力(株)
	三和 公	東北電力(株)		幹事	青柳 恭平
	高尾 誠※1	東京電力(株)		上田 圭一	(財)電力中央研究所
	仲村 治朗	中部電力(株)		佐々木 俊法	(財)電力中央研究所
	片川 秀基	北陸電力(株)		高橋 明久	(株)地球科学総合研究所
	原口 和靖※1	関西電力(株)		田中 竹延	(株)阪神コンサルタンツ
	國西 達也	中国電力(株)		長谷川 治	(株)ダイヤコンサルタント
	大野 裕記	四国電力(株)		久松 弘二	中部電力(株)
	藤田 亮一	九州電力(株)		溝口 一生	(財)電力中央研究所
	北川 陽一	日本原子力発電(株)		宮腰 勝義	(株)セレス
	伝法谷 宣洋	電源開発(株)			
	小野寺 正典	日本原燃(株)			

※1: 幹事兼務

# 平成23年度活動計画

## (1)「技術書」の取りまとめ

- ・より具体的な活断層等の調査・評価手法の検討
- ・震源断層評価のための活断層調査・評価手法の体系化  
→「原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る活断層調査・評価技術」として取りまとめる。

## (2)事例調査

震源断層評価のための活構造調査手法の検討  
(地域性に応じた留意点の整理)

# 平成23年度部会開催履歴

「原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る活断層調査・評価技術」作成の工程

	～H23年7月	8月	9月	10月	11月	12月	H24年1月	2月	3月	備考
活断層評価部会	▼2/15 活断層評価部会					▼19 修正案審議・部会メンバーによるレビュー		▼14 技術書承認		・次回 JEAG 改定に反映させる。 (反映時期については電気協会による)
拡大幹事会 (各作業会)	▼2/30 作業会	▼5/16 幹事会	▼8/10 幹事会	▼19 作業会	▼9 作業会	▼29 幹事会 ・再レビュー	幹事会(作業会) ・修正作業	▼7 幹事会	▼13 作業会	・土木学会ホームページに公開 (使用図面の開示手続等を行ったあと 公開となる)
その他	▼3/1 新長期評価手法ミニシンポ (H22/11に暫定版公表) ▼3/11 東北地方太平洋沖地震	幹事会社、リーダー 会社、電中研で方 針案の作成		▼24 原子力土木委員会		▼15 立地技術研究会		▼14 電気協会 JEAG 打合せ	▽ HP up	

## 【本技術書のスタンス】

- 活断層等の位置、長さ、形状、活動性等を明らかにするための、具体的な調査及び評価方法等について、平成21年度～23年度にかけて、土木学会 原子力土木委員会 活断層評価部会において検討した結果を取り纏めたものである。
- ただし、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に関する知見については、反映できたものは一部に限られ、現在も議論が継続されている知見については留意事項を付記するに留めている。
- 本技術書の使用に当たっては、この点について十分留意しなければならない。
- 今後の新しい知見・技術と経験の蓄積に応じて、適宜見直される必要がある。

作業会	リーダー	メンバー	担当範囲
調査チーム	東北	電中研、北海道、東京、北陸、原燃、中部	1. まえがき 2. 用語の定義 3. 調査の計画と実施 4. 調査結果の解釈
評価チーム	J-power	電中研、九州、四国、中国、関西、原電、中部	5. 活断層評価 6. 調査の信頼性及び調査結果の表示様式 7. プレート間地震に関する調査

# (1)「活断層調査・評価技術」の概要

## 3. 調査の計画及び実施

### 3.1 全体計画

検討対象とする活断層を見逃すことが無いよう、また、活断層の位置、形状、活動性等が把握できるよう、調査計画を策定する。調査範囲は、敷地周辺30km程度、敷地近傍5km程度を目安として設定する。調査手法は、調査地域の地質・地質構造、地震活動の性質及びテクトニクス背景を踏まえ、地形学、地質学、地球物理学的手法等を適切に組み合わせる。

### 3.2 文献調査

敷地周辺及び敷地近傍の地形、地質・地質構造及び地震活動の状況又はテクトニクス背景を明らかにする。

### 3.3 変動地形学的調査

変動地形学的視点により、活断層等の存在を判断する活断層の疑いのある地形を抽出し、抽出した活断層等の活動性等についても検討する。

### 3.4 地表地質調査

概査により調査範囲内の地質・地質構造を把握し、精査により文献調査や変動地形学的調査による活断層の疑いのある地形・地質構造について、断層・拗曲の存否、位置、性状及び活動性を明らかにする。

### 3.5 海域調査

敷地周辺海域の海底地形、地質層序、地層分布、地質構造等を解明し、活断層の位置、形状、活動性等を明らかにする。

### 3.6 物理探査

断層の地下構造及び褶曲等の広域的な地下構造を明らかにする。

## 7. プレート間地震に関する調査

歴史記録等を検討する必要があるが、歴史記録が存在しない場合でも、古地震学的調査、考古学的調査、敷地周辺の海成段丘の分布や津波堆積物等の資料について検討する。震源領域の最大規模の運動を適切に設定する。

## 4. 調査結果の解釈

### 4.1 地質層序区分

調査範囲内に分布する地層を区分し、各層の水平方向及び鉛直方向の分布・連続性について検討するとともに、それらの地層の構成岩種、岩相、層序及び地質時代について検討する。

### 4.2 陸域における詳細検討を行う断層の抽出

活断層の疑いのある地形をすべて抽出する。詳細検討を行う断層を抽出する際には、敷地への影響等を勘案して、適切に選定する。

### 4.3 海域における断層の認定

海上音波探査記録上の反射面に断層運動を示す変位・変形の累積が認められるか否かを判断する。

陸海の地質・地質構造の対比・連続性の確認

### 4.4 断層の活動性の解釈

後期更新世以降の活動が否定できない断層を耐震設計上考慮すべき活断層とする。その認定に当たっては、最終間氷期若しくはそれ以前の地層または地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによって判断することができる。適当地層等が存在しない場合には、近傍の地形・地質の状況等によって評価することもできる。

活断層を否定する明確な根拠

Yes

活断層ではない

No

## 5. 活断層評価

### 5.1 考慮すべき活断層の長さの評価

活断層長さは、地表あるいは地下浅部に存在する活断層の分布等を基に評価する。必要に応じて、微小地震の活動等地球物理学的知見を参考に評価する。長大な活断層あるいは複数の活断層が近距離に連続して分布する場合には、セグメント区分等を考慮して、起震断層を設定し考慮すべき断層の長さを決定する。

### 5.2 断層モデルのパラメータの設定

調査結果に基づき、断層モデルのパラメータ設定に資するデータの整備を行う。活断層調査から設定することができるパラメータとしては、すべり角、断層面の傾斜角、アスペリティの位置等が挙げられるが、一義的に決定できない場合がある。パラメータは、断層周辺の地質構造や広域応力場との整合性が考慮される必要がある。

## 6. 調査の信頼性及び調査結果の表示様式

図表等の資料作成にあたっては、調査の信頼性を十分説明できるようにしなければならない。得られた成果について詳細に検討を行い、必要に応じて、調査の計画から再度検討を行う。また、調査の過程において新知見等が得られた場合には、再評価の必要性について検討を行う。

過去の地震  
・プレート間及び海洋プレート内で発生する地震  
・敷地周辺の中・小・微小地震  
・その他地球物理的な知見

(本技術書の対象外)

敷地への影響

小

その他の活断層

大

検討用地震の選定  
・地震動評価及び基準地震動 $S_s$ 応答スペクトル  
・基準地震動 $S_s$ 地震波形

# 主なコメントと修正事項(第1回抜粋)

頁	記載場所	コメント	修正事項
1	1. まえがき	<p>再開されたバックチェックの動向や東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえる前に3月末に公開する必要があるのか？</p> <p>公開するのであれば、誤解のないよう、使い方を間違えないよう精査する必要がある。</p>	<p>東北地方太平洋沖地震に対するスタンスを再整理した。</p> <p>「東北地方太平洋沖地震に関する知見については、現時点で十分解明されているとは言い難いことから、本手引きでは、この地震に関する知見については留意事項を付記するに留めており、本手引きの使用に当たっては、この点について十分留意しなければならない。また、今後の新しい知見・技術と経験の蓄積に応じて、適宜見直される必要がある。</p> <p>…(中略)…</p> <p>指針類の改訂作業がなされているさなか、本来なら、この改訂を踏まえるべきであるが、各機関において検討の途上であり今後も継続して研究が進められることから、本手引きでは、現時点での経験や知見を取りまとめることとし、原則としてこれまでの耐震バックチェックにおける事例等を基に作成し、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に関する知見については留意事項を付記するに留めることとした。」</p>
75	4.4断層の活動性の解釈	<p>活動性の解釈で現在の応力場と断層運動との整合性を示している事例があるが、東北地方太平洋沖地震を踏まえると、応力場が変わることもあり、正断層であっても地震を発生させることが示された。東北地方太平洋沖地震の知見を加えないとしているが、本手引きを公表するのであればある程度はこのようなテクニクスに関する知見を意識しておく必要があるのではないか。</p>	<p>東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえ以下の留意事項を追記した。</p> <p>「ただし、当該断層の近傍あるいは遠方であっても平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震のような規模の大きな地震が発生した後は、広域応力場には大きな変化が生じる可能性があること、広域応力場が不均質で、局所的な応力場が広域応力場と異なっている可能性があることに注意する必要がある。」</p>
78	応力場との関係から活動性を評価している事例	<p>東北地方太平洋沖地震から得られる知見に留意することを追記する必要がある。</p>	<p>コメントを踏まえ「なお、規模の大きな地震によって広域応力場が変化する可能性があること、また、局所的に周囲の応力場と異なる可能性があることに留意が必要である。」を追記した。</p>
82	5.1考慮すべき断層の長さの評価	<p>保安院から連動に関する指示が出されていることから、評価が変わる可能性があるため、留意事項として追記する必要がある。</p>	<p>コメントを踏まえ「なお、活断層の連動評価については、関係機関で議論されているところであり、最新知見に注意が必要である。」を追記した。</p>
112	5.2断層モデルのパラメータの設定	<p>本文「広域応力場との整合性が考慮される必要がある。」(p.112)は、東北地方太平洋沖地震を踏まえると整合している必要がないのではないか。</p>	<p>解説として、「パラメータは、断層周辺の地質構造や広域応力場との整合性について考慮される必要があるが、規模の大きな地震によって広域応力場が変化する可能性があること、また、局所的に周囲の応力場と異なる可能性があることに留意が必要である。」を追記した。</p>

# 主なコメントと修正事項(第2回抜粋)

頁	記載場所	コメント等	修正事項
-	タイトル	<p>タイトル案で「バックチェックの事例」とあるが、「活断層調査・評価の事例」の方が適切では。</p> <p>土木学会からの出版物としては事例集とするよりは、・・・技術とした方がいいのでは。</p> <p>最新の・・・評価技術として「最新の」を付けるとよいのでは。</p>	<p>タイトルを「原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る活断層調査・評価技術」とした。</p> <p>これに関連し、目次、p.2用語の定義、p.4全体計画、p.5手引きフロー、pp.130-131名簿の中の「本手引き」を「本技術書」に修正した。</p>
1	1. まえがき	<p>バックチェックで使われた資料が大量に使われているので、バックチェックの経緯に加えて、バックチェックの体制など、資料が使われた背景などが分かるような解説を加えた方がよい。</p> <p>3. 11の知見について、留意事項を付記するに留めるとしているが、湯ノ岳の知見については、一部反映されているのではないか。</p> <p>土木学会がバックチェック事例の評価の中身については審議していないことを明確にした方がよい。</p>	<p>バックチェック審議の体制に関する説明を加えた。</p> <p>また、「地震に関する知見については反映できたものは一部に限られ、現在も議論が継続されている知見については留意事項を付記するに留めている。本技術書の使用に当たっては・・・」・・・「原則としてこれまでの耐震バックチェックにおける事例等を基に作成した。」として、3. 11の知見について反映できるものは反映している旨修正した。</p> <p>また、バックチェック事例の中身については、「これらの審議に用いられた資料及び電力共通研究の成果を本文や解説に対する具体的な事例として取りまとめた。事例内に記載されている評価等の内容については出典資料のままであり、活断層評価部会において修正などはしていない。また、耐震バックチェックにおいて審議中のものも事例としては取り上げているため、今後の審議の進展によっては事例内に記載されている評価等が変更される可能性もある。」との記載を追加した。</p>
76	調査から確認された最新活動時の断層運動と現在の広域応力場から想定される断層運動との整合性による検討の事例	<p>東北地方太平洋沖地震から得られる知見に留意することを追記したが、事例は当時の評価をそのまま書くとして留意事項は前段の解説に記載することとなった。</p>	<p>事例説明文の「なお、規模の大きな地震によって広域応力場が変化すること、また、局所的に周囲の応力場と異なる可能性があることに留意が必要である。」を削除した。</p>

# 平成23年度部会活動の成果

非公開版

原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例  
に見る活断層調査・評価技術

2012年3月

公益社団法人 土木学会  
原子力土木委員会 活断層評価部会

## (1) 技術書の取りまとめ

平成23年度は、平成22年度までの調査結果をもとに、活断層の調査や評価技術に関する具体的記載内容の検討、参考となる事例の収集を行い、『原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る活断層調査・評価技術』として取りまとめた。

## (2) 事例調査

手引き作成のための基礎資料として、電力共通研究「震源断層評価のための活構造調査手法の確立に関する研究」で実施した岩手・宮城内陸地震、鳥取地震及び留萌支庁南部の地震に関する調査・研究で得られた成果等について審議し、震源断層評価のための活構造調査手法の高度化を図った。

## (2) 事例調査地点

～活断層の不明瞭な地域で発生した3つの地震～

### ②1943年鳥取地震(M7.2)

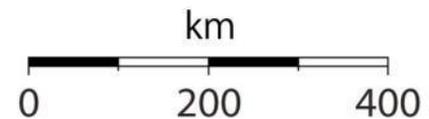
活断層の未成熟な地域  
における横ずれ型地震

### ③2004年留萌支庁南部の地震(M6.1)

海陸境界部における逆断層型地震

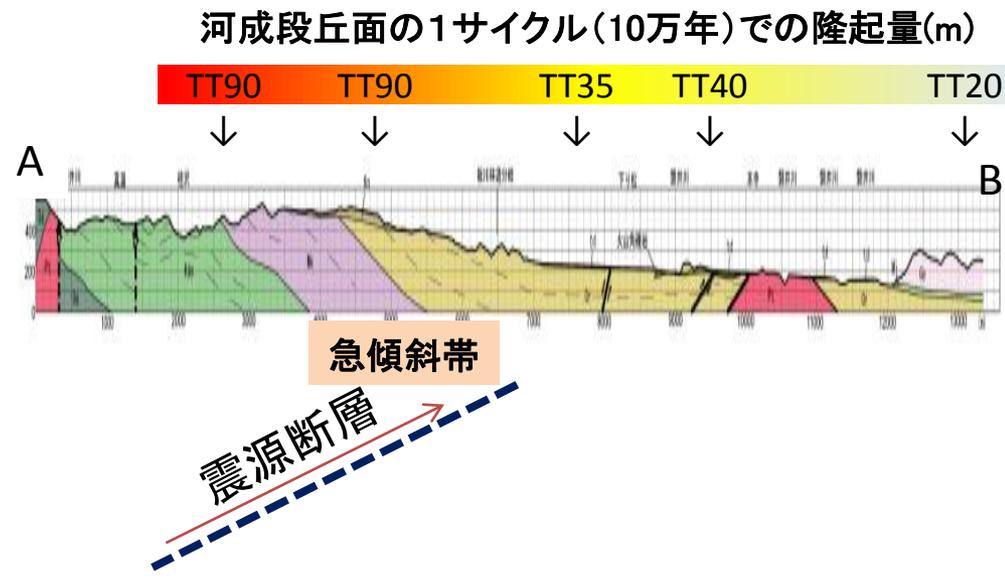
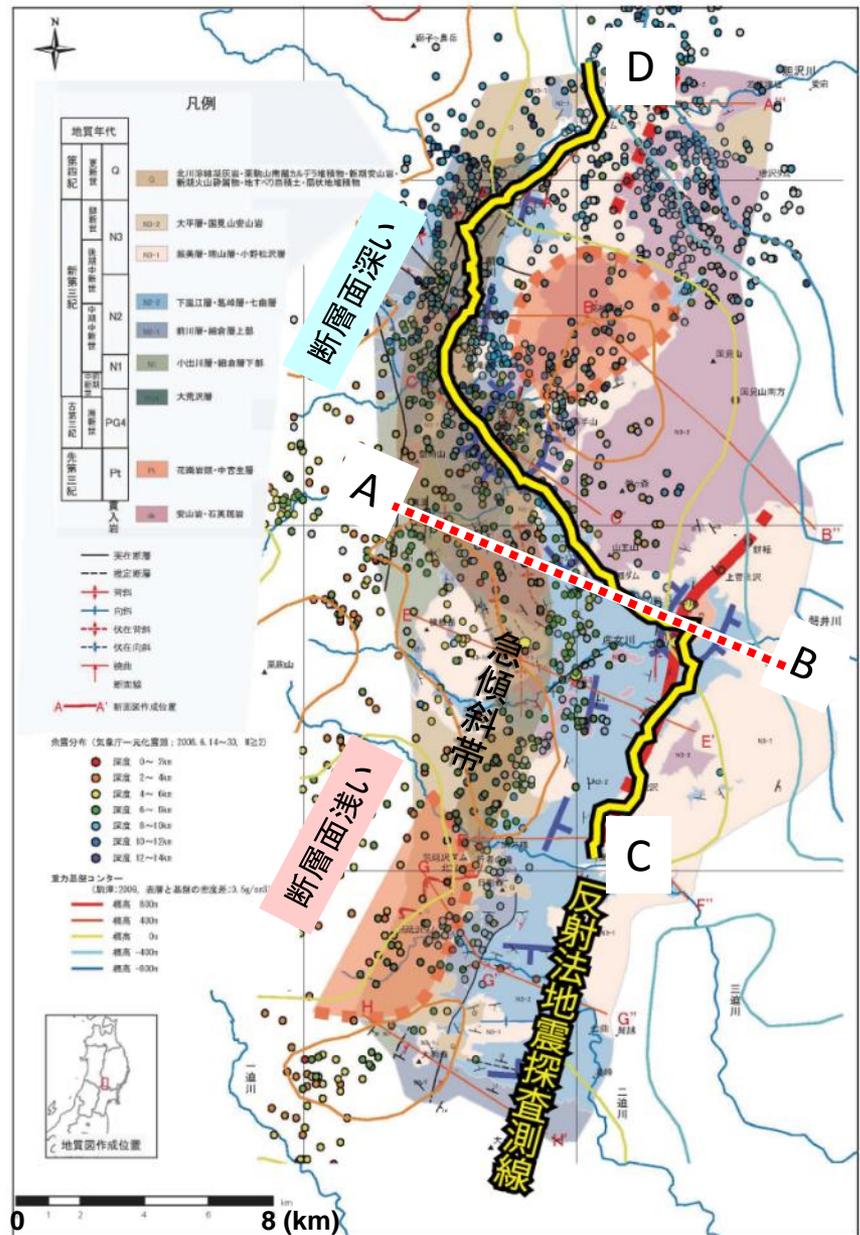
### ①2008年岩手宮城内陸地震(M7.2)

活断層の不明瞭な内陸逆断層



青線:活断層(活断層研究会, 1991)

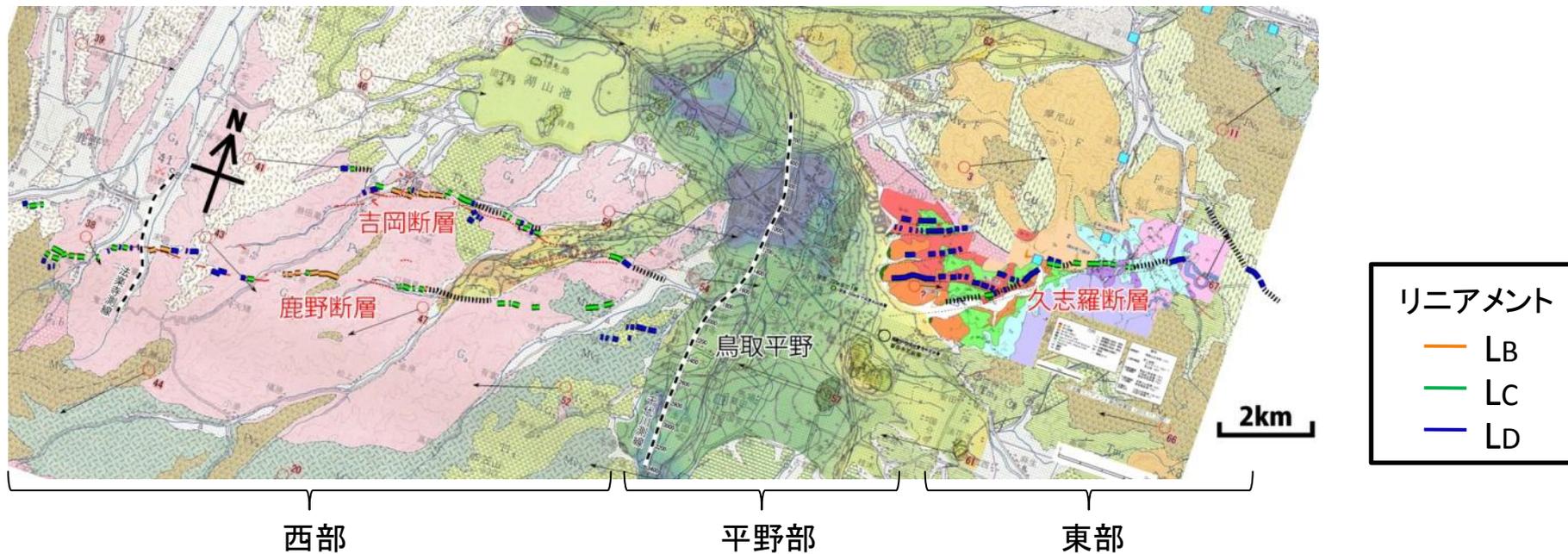
# 【case1】活断層の不明瞭な内陸逆断層の評価(岩手宮城)



- ★ポイント: 長期的に隆起している急傾斜帯の抽出
- ①断層変位様式・断層面の広がり  
→河成段丘面の高度分布から隆起帯を推定
  - ②断層上端部とその広がり  
→新第三紀層の急傾斜帯に着目した地質調査
  - ③活断層・活構造の認定  
→地表踏査による段丘礫層を切る活断層露頭の確認
  - ④地震発生層・セグメント区分  
→地質構造に平行な地下構造探査

2008年岩手・宮城内陸地震震源域の地質構造と余震分布

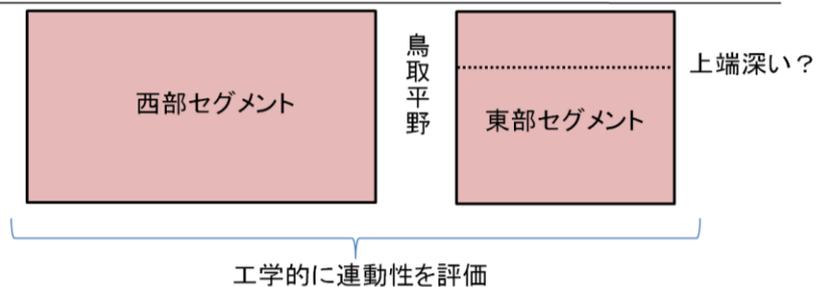
# 【case2】活断層の未成熟な地域における横ずれ型地震(鳥取)



	西部	平野部	東部
変動地形	○明瞭	×なし	△不明瞭
地質構造	○断層あり	—	○断層あり
断層活動性	○あり	—	○あり
地表地震断層	○あり	×なし	×なし
地下構造	○累積変位あり 基盤が浅い	△累積変位? 基盤が深い	—
地震活動	○断層直下	△千代川以西	○断層から幅5km

**★ポイント:**  
活断層の未成熟な地域を念頭に置いた総合的な評価

- ①震源断層の長さ  
→並走/斜交/雁行リニアメント群を保守的に評価
- ②断層変位様式・傾斜角  
→変動地形, 断層露頭, 地下構造
- ③活断層・活構造の認定  
→断層露頭, 地下構造, 現在の地震活動
- ④セグメンテーション  
→変動地形, 活動性, 地下構造などを総合評価

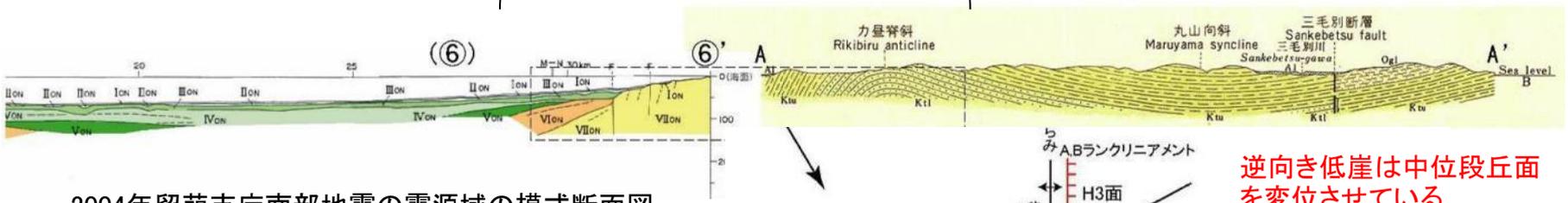


# 【case3】海陸境界部における逆断層型地震の評価(留萌)

一体的な評価が重要

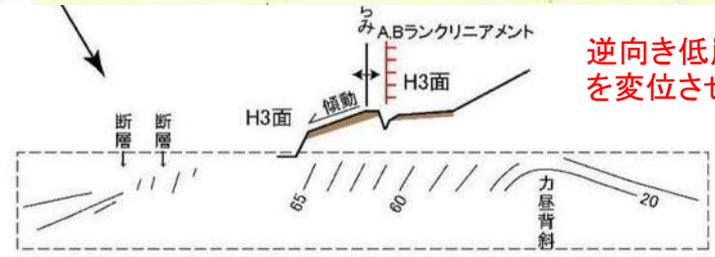
海側

陸側

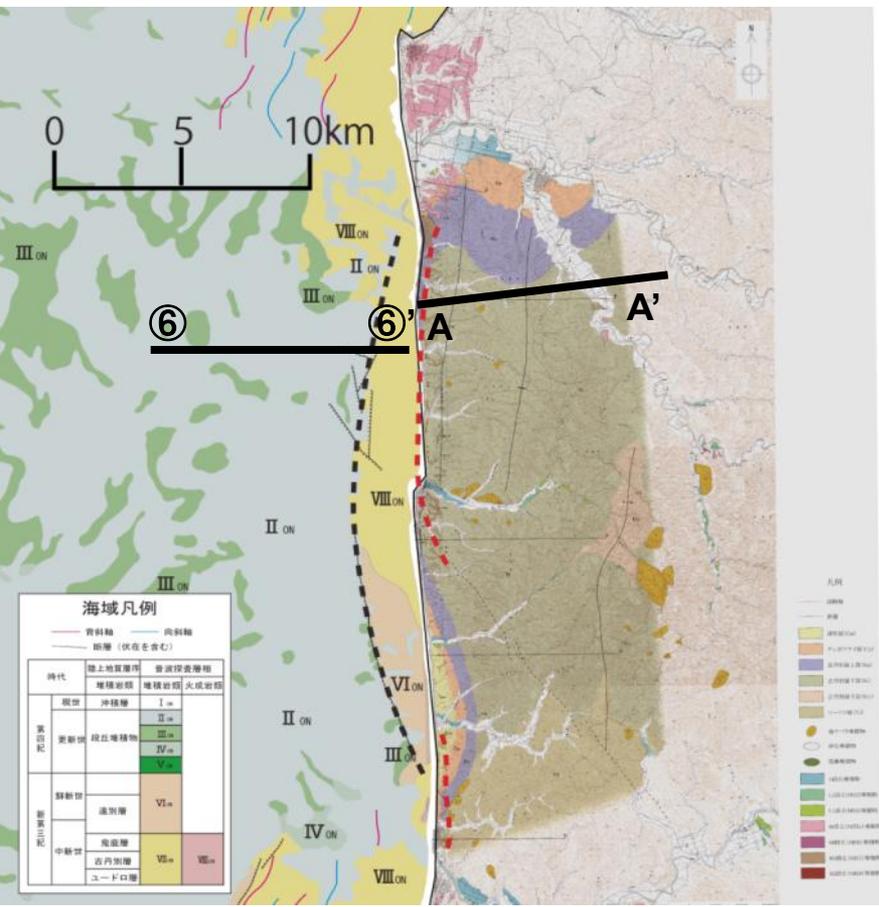


2004年留萌支庁南部地震の震源域の模式断面図

逆向き低崖は中位段丘面を変位させている



力屋周辺における第三紀層の傾斜とリニアメントの関係を示した模式図



★ポイント:

沿岸部の地質構造を一体的に捉えた評価

- ①震源断層の長さ  
→ 撓曲構造と並走するリニアメント延長
- ②断層上端部の位置  
→ 撓曲構造の前縁部
- ③断層の傾斜と変位様式  
→ 前面側に張り出した非対称な褶曲構造
- ④活構造・活断層の認定  
→ 断層主部に加え、副次的な逆向き低崖も有力

# 部会活動の最終成果物

## (H23年度までの成果まとめ)

### ■ 成果物の内容

「原子力発電所の耐震設計における最近の検討事例に見る  
活断層調査・評価技術」

### ■ 成果物の社会還元方策

- ・成果物公開(引用図面の使用許諾が得られ次第)
- ・耐震設計技術指針(JEAG4601, 電気協会)の改訂版へ反映

### ■ 課題

- ・東北地方太平洋沖地震に係わる最新知見の反映

# 平成24年度の活動計画

## (1)「活断層調査・評価技術」

- ・引用図面の使用許諾を得て，一般向けに公開
- ・評価技術に反映すべき最新知見の収集

## (2) 事例調査（新フェーズ；H24～26年度）

- ・「巨大地震に誘発され活動した断層の活動性評価手法の高精度化に関する研究」（現在，計画立案中）

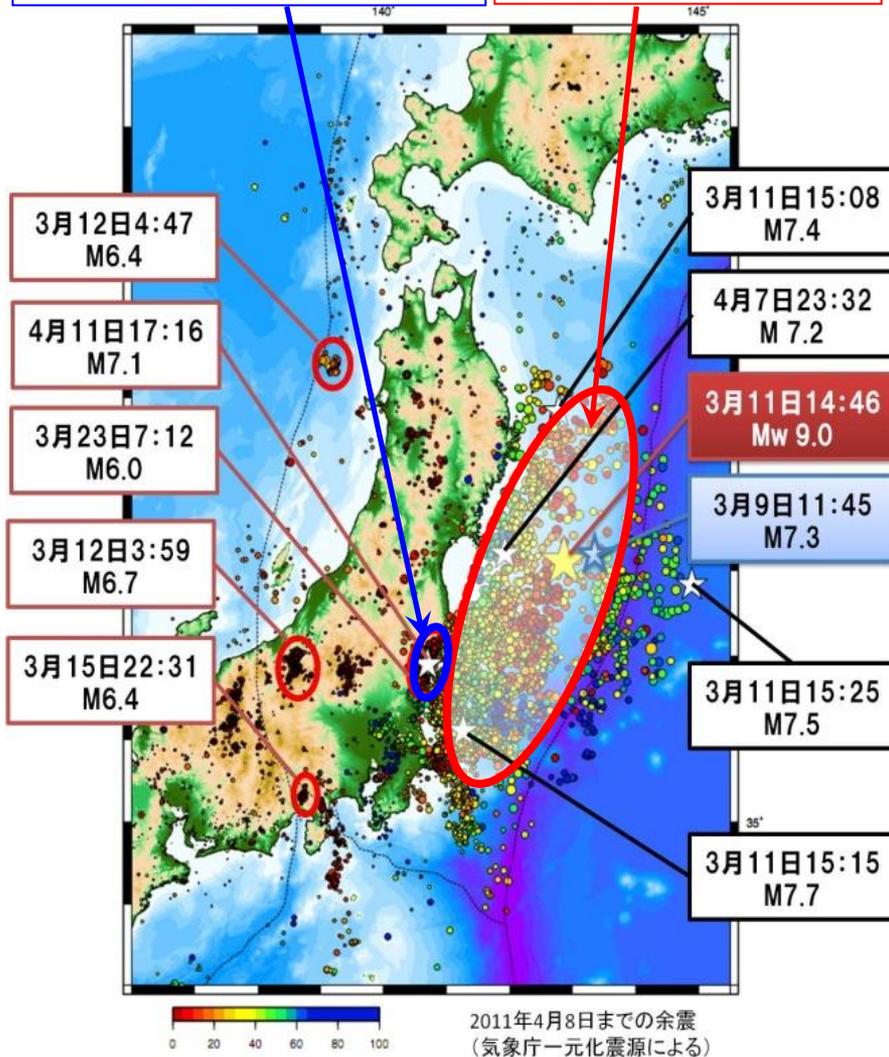
## ■ 部会開催予定

- ・ 部会を2～3回開催し，上記二項目を審議する。
- ・ 前フェーズの専門委員への就任継続，上記(2)に詳しい専門委員への新規就任を要請。

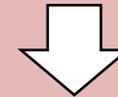
# 新フェーズ事例調査の背景

4月11日福島県浜通りの地震(M7)  
湯ノ岳断層の変位

3月11日東北地方太平洋沖地震(M9)震源域



2011年東北地方太平洋沖地震  
による広範囲の応力変化



地震活動がほとんど観測されてい  
なかった場所で地震活動が活発化



4月11日の福島県浜通りの地震で  
湯ノ岳断層が活動  
(従来、断層破碎部の固結度等から  
後期更新世以降の活動なしと判断)

・南海トラフ、糸魚川－静岡構造線活断層系、中央構造線断層帯、日本海東縁部等による巨大地震が発生した場合の断層の誘発活動が危惧される。

# 新フェーズ事例調査の目的

(1) 巨大地震により誘発される内陸地殻内地震に対応した断層の活動性評価手法の高精度化

(2) 断層の破砕帯性状等による活動性評価手法の高度化

目的達成に向けた体制

## 1. 誘発地震と断層の活動性評価に関する検討(電共研)

- ・巨大地震による内陸地殻内地震の誘発のメカニズムの解明
- ・破砕部性状等と断層の活動性との関係の解明  
→ 断層の活動性評価手法の高度化



## 2. 評価手法の検討(活断層評価部会)

- ・上記検討結果に基づき、有識者・専門家による広範な議論・審議  
→ 断層の活動性評価手法の信頼性向上