

伊方原子力発電所環境安全管理員会原子力安全専門部会 委員コメント一覧

目次（項目）

5	自然現象に対する考慮（森林火災）	1 頁
6	自然現象に対する考慮（その他）	2 頁
7	シビアアクシデント対策	3 頁
8	耐震性能	5 頁
9	耐津波性能	18 頁
10	耐震・耐津波性能（共通）	27 頁
11	全般	28 頁

項目 5:自然現象に対する考慮(森林火災)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
5-4	森林火災によって外部電源が遮断された際に、保管されている燃料を使用していると、重油タンクの健全性について、重要であるので説明願いたい。	四電	重油タンクの森林火災に対する健全性については、重油タンクに対し森林火災による熱影響評価を実施した結果、重油タンクの許容温度60℃(引火点)に十分収まるため問題ないことを確認している。	H25 11/19	宇根 崎

項目 6: 自然現象に対する考慮(その他)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
6-2	自然現象の重畳の考え方について、積極的に考えていただきたい。	四電	発電所敷地で想定される自然現象として抽出された事象について、荷重、温度、閉塞、浸水、電氣的影響、腐食、摩耗、アクセス性及び視認性の観点から原子炉施設に与える影響を整理し、組み合わせによる影響を個々の自然現象の設計に包含されている等の観点から評価した。その結果、荷重による影響以外については、新たな評価が必要となる組み合わせがないことを確認した。荷重については、発生頻度、最大荷重の継続時間等の荷重の性質を考慮し、地震、津波、風及び積雪を施設の構造等を考慮して適切に組み合わせ評価することとした。	H25 11/19	高橋
6-4	自然現象に対するソフト面の評価について、シミュレーションや実際の訓練における検証をお願いしたい。	四電	各自然現象に対する手順書を策定することとしており、一部の自然現象に対しては手順の成立性について訓練にて確認している。	H25 11/19	宇根 崎
				H25 11/19	望月

項目 7:シビアアクシデント対策

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
7-41	「全交流動力電源の喪失（RCPシールLOCAあり）」を選定した理由について、説明して欲しい。主要な対応措置について、全19ケースにどれぐらい含まれているか、対応表で示して欲しい。	四電	全交流電源喪失を伴う事故対応が、夜間・休日でも所内に確保している緊急時対応要員のほぼすべての要員を活用して対処するものになる。他のシナリオにおいては、運転員のみで対処できるものや運転員と緊急時対応要員の一部で対処できるものになるので、今回のシナリオが代表性を持ったものということができると考えている。併せて、PRA上も、炉心損傷確率がSBOに伴い従属的にも発生する補機冷却水喪失事象が最も支配的であることから選定している。	H26 1/28	宇根 崎
				H26 1/28	望月
7-55	学協会でエンドースされた規格・基準がないため、審査が混乱していると理解している。JNES 職員を規制庁に取り込んだから高い専門性が取り込まれたというのは理解しにくい。	国	JNESの職員は、原子力に関する高い専門性を持った主に理学部系、工学部系の職員で、多くは研究職です。JNES以外でも、例えば、産業技術総合研究所等からも専門家を招聘して、現在一体となって審査をしています。新規制基準の考え方ですが、これにつきましては、平成25年11月に一度ご説明しましたが、新規制基準は性能規定になっています。この性能規定というのは、旧保安院のときから、今の規制庁になってもそうですが、国際的に見ても満足すべき性能水準を要求し、それを実現する技術は限定しないというのが一般的であると考えています。技術の進歩に合わせて、事業者が規制要求の実現方法を自分なりに選択できる仕組みとするほうが、新技術の取り組み、安全性向上に寄与するとの考えによります。こういったことから、国が定める基準としては、性能規定が一番良いと考えており、この性能規定を満足するものは幾つかあると思いますが、例えば学協会がまとめられたものの内容がよろしければ、それはその性能規定を満足する1つの例であると理解しています。	H26 6/4	渡邊
7-56	PRA の活用方法について、今回の適合審査の観点で、国と事業者の考え方を説明すること。	四電	適合性審査においては、内的事象や地震、津波といった外的事象に対するPRAを実施し、評価結果に基づき選定した事故シナリオに対しての有効性評価を行っている。事故シナリオ選定のため実施したPRAでは、設計基準対象設備を対象とした評価を実施しているが、平成25年12月に施行された「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」に基づき実施する定期検査終了時点の状態を対象とした安全性向上評価においては、重大事故等対処設備も考慮したPRAを行い、その有効性を確認するとともに、継続的な改善を図り、安全性向上に努めていく。 (事故シナリオの有効性は国へ説明済)	H26 6/4	吉川

		国 新規制基準では、事業者が準備したシビアアクシデント対策の有効性を評価するために、幾つかの代表的な事故シナリオを想定し、それらのシナリオに対して事業者の対策の有効性を評価することを求めています。想定すべき事故シナリオとして、規制庁が過去の安全研究結果等から発生確率が高いものとして予め指定したシナリオに加え、事業者において、個別のプラントについて確率論的安全評価を行い、追加すべきシナリオを評価することを求めています。 また、事業者には、基準をクリアすることは当然として、基準の要求レベルを超えて、一層の安全向上の取組を実施して頂きたいと考えています。このため、基準を超えた範囲での事業者の自主的努力も組み込んだ形で、原子炉の安全性を総合的に評価させ、届け出させる制度が昨年12月に施行されており、その際には確率論的安全評価を行うことを求めています。	H26 6/4	吉川
--	--	---	--------------------	-----------

項目 8:耐震性能

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
8-1	これまでの耐震安全性評価から追加・変更された事項はあるのか。	四電	「震源を特定する地震動」のうち、プレート間地震について、バックチェックの頃の中央防災会議のモデルから内閣府のモデルを取り入れることで変更している(マグニチュード 8.6 から 9.0)。また中央構造線の連動について、全長を 480km まで伸ばして評価している。またガイドで 3 次元の地下構造調査について要求されており、2km までボーリングを掘って地質構造を調査している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
8-2	深部ボーリングについて、地震計は設置して、観測を開始したのか。	四電	平成 25 年から観測を開始している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
8-3	深部ボーリングで設置した地震計について、観測記録はとれているのか。また、増幅特性についても予想していた範囲内に入っているのか。	四電	設置以降、まだ強震動レベルの地震は観測できていない。 (国に説明済) その後発生した平成26年3月14日伊予灘地震の記録を用いて検討を行った結果、増幅は見られないことを確認した。(別紙1参照)	H25 7/17	森
8-4	基準地震動評価のプレート間地震(南海トラフ)というのは、陸側が一番厳しい評価になるのか。	四電	基本ケース、東側ケース、西側ケース、陸側ケースのうち、陸側が一番厳しい。 (国に説明済)	H25 7/17	宇根 崎
8-5	原子炉設置変更許可申請書の添付6のパラメータについて、不確かさが全て包絡しているのかどうか説明して欲しい。	四電	基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ(震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ等)について、敷地における地震動評価に影響を与えられとされる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮し、評価した結果について審査会合(平成26年11月7日)にて説明し、概ね了承された。 (国に説明済)	H25 7/17	宇根 崎

8-6	地震について、伊予灘、日向灘地震等は考慮しているのか。	四電	1854年の地震も含め、伊予灘、日向灘の地震について考慮している。 (国に説明済)	H25 7/17	高橋
8-7	活断層評価において、長い連動評価を実施することとなった背景は何か。安心のために実施しているのか。	四電	断層が長くなればそれだけ地震規模が大きくなるというものではないが、最近では長大断層の地震動の評価が可能な手法も開発されているので、そのような手法で評価してはどうかとの見地に立った国の指摘と考えている。 (国に説明済)	H25 9/11	森
8-8	480kmの地震動の評価について、強震動生成域をこれまでと同じようにレシピに従って設定するのか。	四電	トルコのイズミット等、近年の長大断層の地震観測記録等を用いて、長大断層に適用できるレシピもあるので、そのようなレシピを用いて評価している。 (国に説明済)	H25 9/11	森
8-9	地質境界としての中央構造線は北に傾斜しており、現在のジョグをつくったりするような活断層としての中央構造線は鉛直と考えているか。	四電	地質境界としての中央構造線は北傾斜で、活断層としての中央構造線は鉛直と考えている。 (国に説明済)	H25 9/11	高橋
8-10	柏崎刈羽では、中越沖地震の際に地震波が増幅したが、伊方はどこまでの深さが水平成層と考えているのか。	四電	地中 2km までボーリングを掘り、調査した結果、4km 程度まではほぼ水平の構造であると考えている。 (国に説明済)	H25 9/11	森
8-11	震源を特定しない地震動(16地震)について、評価結果が出れば説明願いたい。	四電	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドを踏まえ、ガイド記載の全 16 地震について、「地域性(モーメントマグニチュード(Mw)6.5 以上)」、「観測記録の適切性(Mw6.5 未満)」の観点から網羅的に分類・分析した結果、北海道留萌支庁南部地震の解放基盤波と鳥取県西部地震の賀祥ダム観測記録を基準地震動として選定した。 (国に説明済)	H25 9/11	森

8-12	中央構造線断層系のどの断面図を見ても基盤(震源断層)に到達していないことから、断層の傾斜が 30° 北だとかといった議論もできないが、その点はどのように考えているのか。確認できる図面があれば示して欲しい。	四電	アトリビュート解析にて、堆積層中にみられる高角度の活断層の下方で、北傾斜する地質境界断層が高角度の断層によって変位を受けている可能性を示唆する結果が得られていることなどから、基本的には、90° の断層というのが一般的に考えられるが、一方で重力逆解析などでは、地質境界断層としての中央構造線が 30-40° で北へ傾斜することを示す結果も得られていることから、地質境界断層と地震断層が一致する可能性も否定できないため、北に 30° 傾けた断層も想定している。 (平成 25 年 8 月 28 日審査会合資料 1-1 90 ページ参照) (国に説明済)	H26 3/20	高橋
8-13	どのぐらいの深さの中央構造線断層系の震源を想定されているのか。	四電	地震発生層の上限深さは、敷地周辺の地震発生状況や速度構造から 5km 程度と評価されるが、三波川変成岩類と領家花こう岩類の会合部深さが 2~3 km であることなどを踏まえ、安全側に 2km と設定している。 下限深さは、敷地周辺の地震発生状況やその他知見から総合的に判断して 15km と設定しており、断層幅で 13 km の断層を仮定している。 (平成 25 年 8 月 28 日審査会合資料 1-1 62~81 ページ参照) (国に説明済)	H26 3/20	高橋
8-14	マグニチュードの表現のところで、「Mk」、「Mj」、「Mw」が同じ数字を使いながら混在しているが、考え方を説明すること。	四電	使用する距離減衰式によって、用いているものが異なるため、式によって「Mj」、「Mw」といった使い分けをしている。例えば、応答スペクトル法では、Zhao et al.(2006)の距離減衰式を用いており、この式では「Mw」に基づいて加速度などを求めている。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-15	マグニチュードの定義の取り扱いを混同したことによる影響について、きちんとまとめて整理して欲しい。	四電	MwとMjの関係は武村さんの経験式で地震モーメントを介して換算しており、同じ規模と考えている。仮にMj表記した場合でもMw表記した場合でもほぼ同じ程度の地震規模から地震動を推定できていると考えている。 (国に説明済)	H26 3/20	森
				H26 3/20	望月
8-16	地震動の検討については、全てのシナリオ地震の検討において、基本モデルを標準的に置いて、それから不確かかの考慮により発電所に対してより大きな地震動が	四電	基本モデルを標準的に置いて、それから不確かかの考慮により発電所に対してより大きな地震動が出るような方法で検討している。 (国に説明済)	H26 3/20	森

	出るような方法で検討しているということか。				
8-17	中央構造線沿いの断層について、学術的にはあまり影響がないと考えられる長さばかりに着目した検討を実施しているが、どのような見解で実施されているのか。	国	活断層の評価は長さだけで行っている訳ではない。長さについては、中央構造線沿いにいくつもの断層が同じような走向、同じような傾斜で連続的にあり、離隔距離も余りないといったことから、不確かさも考慮して長めの検討も求めたと理解している。	H26 3/20	森
8-18	中央構造線沿いの断層が長くなった場合のすべり量の考え方について、断層が長くなれば、すべり量は変化するというのが地震学の古くからの考え方であるが、そういった観点での検討はされていないのか。	四電	最近の研究成果で例えば Murotani et al.(2010)では、長さが 100 kmを超えるような断層だと、平均のすべり量は3～5m 程度で収束し、すべり量にはだいたい飽和傾向があるという知見が得られている。 この考え方に基づいて壇さんが 2011 で長大断層のモデルを組むレシピを提案されており、我々は、それに基づいた評価と、基本モデルによる評価について比較している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-19	今回、安全性を評価するために採用している論文について、それらは古くからの地震学の論文をひっくり返すような内容なのか。	四電	すべり量に飽和傾向があるといった内容は、これまでの知見を裏返す内容であるものと考えている。 検証として、断層の近傍 20 kmぐらいの範囲で岩盤でとられた記録を収集し、評価結果と比較している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-20	レシピといわれる標準化するような方法論の場合は、平均値がとられる場合があるが、標準偏差まで考慮した検討はしているのか。	四電	標準偏差的な検討は行っていないが、応力降下量を増加したり、断層の傾斜角を傾けたりといった不確かさを考慮することで、全体として最大の地震動を押えられていると考えている。 (国に説明済)	H26 3/20	森

8-21	観測された地震動の応答スペクトルと理論的な断層モデルで計算したときの応答スペクトルが同じ程度であったということか。	四電	観測された地震動の応答スペクトルと断層モデルで計算したときの応答スペクトルは同じ程度である。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-22	レシピと呼ばれるものは震源断層モデルを決めるパラメータが多くあるが、その中でも地震動の強さを決めるようなパラメータのばらつきは考慮しているのか。	四電	短周期の地震動に大きく影響するものとして、応力降下量があると考えるが、ばらつきという意味では基本モデルの応力降下量 12MPa 程度を 1.5 倍した 18MPa よりもさらに大きい 20MPa も考慮している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-23	ばらつきについて、基本統計量であるモデルの標準偏差のような表記をして欲しい。	四電	短周期レベルの1 σ は平均値の約 1.3 倍であり、これを上回る 1.5 倍以上のばらつきを考慮している。	H26 3/20	森
				H26 3/20	望月
8-24	3月14日の地震データについて、資料1-1-1の75ページに5mのところは91ガル、73ページの1・2・3号機それぞれのNSは46、55、41であるが、どちらかの間違いなのか。	四電	間違いではなく、それぞれ観測地点が異なる記録である。 75 頁は 71 頁図に示す基盤系地震計の観測記録であり、73 頁はそれぞれの号機の建屋基礎に設置された地震計の観測記録である。 (国に説明済)	H26 3/20	森
8-25	資料1-1-1の73ページにおいて、他のところは全部地盤の地表の記録であるが、発電所は建屋の基礎の記録を書いてある。なぜ地表に最も近い地盤の記録を出さないのか。	四電	従来、伊方発電所で観測された地震は建屋基礎の値を公表している。 設備が設置された箇所地震動が一番ご関心があるのではないかと、当時代表箇所を決める際に考慮されたのではないかと考えている。	H26 3/20	森

8-26	資料1-1-1の75ページのNS成分で、160mと80mの間で、0.2秒から0.3秒のところで応答スペクトルの増幅が大きくなっているが、どのような解釈か。	四電	平成26年3月14日伊予灘地震の記録を用いて検討を行った結果、増幅は見られないことを確認した。(別紙1参照)	H26 3/20	森
8-27	資料1-1-1の76ページの深部地震計について、0.2～0.3秒のところで、160mより上において増幅が見られるが、どのような見方をしているか。	四電	平成26年3月14日伊予灘地震の記録を用いて検討を行った結果、増幅は見られないことを確認した。(別紙1参照)	H26 3/20	森
8-28	資料1-1-1の76ページの深部地震計について、0.6、0.7、0.8秒あたりの揺れの大きさが、長周期の成分で2,000mとか500mに比べて地上の方で大きくなっているが、どのような見方をしているか。	四電	GL-5mの観測波は上昇波と下降波の両方があるが、GL-500mの観測波は下降波が見えていないことによるものと推測する。 平成26年3月14日伊予灘地震の記録を用いて検討を行った結果、増幅は見られないことを確認した。(別紙1参照)	H26 3/20	森
8-29	敷地前面のアスペリティからの地震動の寄与が最も保守的になるように設定していたが、480kmモデルを基本ケースにすることによって必ず担保されるのか。	四電	国コメント「複数の断層モデルのうち、どれを基本モデルとするのか」を踏まえ、複数の基本ケース(断層長さ54km、480km)から、審査ガイドの主旨、すなわち「長大な活断層については、断層の長さ(～中略～)等に関する最新の研究成果を十分考慮して、地震規模や震源断層モデルが設定されていること」を踏まえ、より長い区間が連動するケースを基本ケースとすることが適切と判断し、連動を想定した480kmを基本ケースとした上で、更なる不確かさを考慮して130km、54kmについても地震動を評価している。 (国に説明済)	H26 6/4	森
8-30	「アスペリティ」や「強震動生成域」の定義を説明すること。	四電	学会レベルで明確な定義は示されていないが、現在、マグニチュード9クラスのモデルは「強震動生成域」、それ以外は「アスペリティ」という言葉を使っている。	H26 6/4	森

8-31	基本ケースを 54km ではなく、480km としてレシピで評価した場合は、アスペリティの設定等において、保守的な評価が行えるのか。	四電	アスペリティの設定は、長さではなく、面積比を基準として実施しており、断層長さ 54km のモデルにおいても、連動を考慮した 480km のモデルにおいても、同じ面積比 21.5%を用いていること、また、アスペリティの配置も基本的に変えておらず、480km のモデルでアスペリティを敷地正面のジョグに配置した評価も実施していることから、保守的な評価となっていると考えている。 (国に説明済)	H26 6/4	森
8-32	内陸地殻内地震の解析ケースにおいて、セグメントを離しているが、どういう考えか。表層ではつながっていないように見えても、地下深部ではつながっていると認識しており、長さや深さ、動く面積と移動する量を議論すべきではないか。	四電	敷地前面海域の断層群ー伊予セグメントー川上セグメントといったあたりはエシュロン状(雁行状:大まかに言うとカタカナの「ミ」のような配列)になっているが、地下深部ではつながっている可能性も考慮し、評価モデル上では、これらセグメント間に空間は設けておらず、断層長さはジョグの真ん中付近までと、かなり長く設定している。 (国に説明済)	H26 6/4	高橋
8-33	海洋プレート内地震の解析ケースについて、敷地東方の低角共役断層の設定、及び設定した地震の規模の考え方(根拠)を説明すること。	四電	海洋性地殻と海洋マントルを含めた幅(10~15km 程度)からマグニチュードの最大規模を7程度と評価したが、平成26年4月9日の審査会合におけるコメント「敷地東方に低角の共役断層(互いに断層面が直交し、ずれの向きが逆向きになる断層)を想定して地震動評価すること」を踏まえ、共役断層のマグニチュードを 7.2 と評価した上、これに不確かさとして+0.2 を考慮し、地震の規模としてマグニチュード 7.4 と設定した。 (国に説明済)	H26 6/4	森
8-34	海洋プレート内地震の解析ケースについて、低角度の地震の観測はどのくらい起こっているのか。	四電	収集したデータのなかでは低角の地震はなかった。	H26 6/4	森
8-35	プレート間地震の解析ケースについて、地盤モデルに深部ボーリング調査結果を反映させているが、この変更によって、増幅特性にどれくらい変化があったか。	四電	従来の地盤モデルと、深部ボーリング調査結果を踏まえた今回の地盤モデルの伝達関数を比較したところ、今回の地盤モデルの方が小さくなっているが、ほとんど変わりはなく、増幅特性が大きく変わるものではない。 (国に説明済)	H26 6/4	森

8-36	震源を特定せずに策定する地震動について、どういう思想で考えていくのか具体的に説明すること。	四電	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドを踏まえ、ガイド記載の全 16 地震について、「地域性(モーメントマグニチュード(Mw)6.5 以上)」、「観測記録の適切性(Mw6.5 未満)」の観点から網羅的に分類・分析し、伊方発電所における「震源を特定せず策定する地震動」の地震動レベルを設定する。 (国に説明済)	H26 6/4	森
8-37	鳥取県西部地震及び岩手・宮城内陸地震について、地質の違いから採用しないとしているが、表層地質なので採用しない根拠にはなりにくいのではないか。	四電	表層地質だけでなく、地形、応力場、微小地震の発生状況、地震地体構造などについても総合的に検討の上、採否を判断している。 (国に説明済)	H26 6/4	森
8-38	北海道留萌支庁南部地震は、どういう地震なのか。被害地震なのか。	四電	死者はおらず、軽傷者も 100 名に達していない。損傷した家屋は 200～300 程度の被害と聞いている。	H26 6/4	森
8-39	岩手・宮城内陸地震について、資料で説明すること。	四電	伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域では、微小地震の発生状況、応力場、地形・地質、第四紀火山との位置関係などにおいて、特徴が大きく異なる。特に、審査ガイドに示された活断層や地表地震断層の出現要因の可能性としての軟岩・火山岩・堆積層の厚さの観点から、堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続する伊方発電所立地地点と新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く分布する岩手・宮城内陸地震震源域とでは地域差が顕著である。伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており、地震の起こり方も異なる。したがって、伊方発電所立地地点では岩手・宮城内陸地震と類似する地震は起こらないと評価した。(別紙1参照) (国に説明済)	H26 6/4	奈良 林
8-40	海洋プレート内地震の低角共役断層について、設定した考え方や根拠を説明すること。	四電	海洋性地殻と海洋マントルを含めた幅(10～15km 程度)からマグニチュードの最大規模を7程度と評価したが、平成26年4月9日の審査会合におけるコメント「敷地東方に低角の共役断層(互いに断層面が直交し、ずれの向きが逆向きになる断層)を想定して地震動評価すること」を踏まえ、共役断層のマグニチュードを 7.2 と評価した上、これに不確かさとして+0.2 を考慮し、地震の規模としてマグニチュード 7.4 と設定した。 (国に説明済)	H26 6/4	森

8-41	震源を特定せず策定する地震動について、採用するかどうかの理由をもう少し丁寧に説明すること。	四電	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドを踏まえ、ガイド記載の全16地震のうち、Mw6.5未満の地震については、「観測記録の適切性」の観点から網羅的に分類・分析した結果、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる観測記録のうち、既往の知見（微動探査等に基づく地盤モデル）と整合的であり、非線形性を踏まえた評価であり観測事実と整合的である佐藤ほか（2013）による2004年北海道留萌支庁南部地震の解放基盤波を選定した。また、Mw6.5以上の地震については、「地域性」の観点から検討した結果、自然現象の評価と将来予測には不確かさが残るため、大局的にはいずれも西南日本の東西圧縮横ずれの応力場であることを踏まえ、更には原子力安全に対する信頼向上の観点から、より保守的に鳥取県西部地震についても観測記録収集対象とし、賀祥ダム観測記録を基準地震動として選定した。 （国に説明済）	H26 6/4	森
8-42	模擬地震波の作成において、一様乱数を使用し、実地震位相を使わない理由を説明すること。	四電	ターゲットスペクトルから模擬地震波を作成する際、SI比（応答スペクトル強さの比：模擬地震波の目標とする応答スペクトルへの適合度確認のひとつ）が1以上となるといったような適合条件を満たす必要があることから、実務性も考慮し、一様乱数を採用している。 （国に説明済）	H26 6/4	森
8-43	国の審査会合の中で、位相のモデル化について議論になったことはあるのか。	四電	平成18年 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震安全性評価（耐震バックチェック）において話が出たことはあったが、一様乱数を用いて評価した模擬地震波を基準地震動とすることで国側から妥当だと判断されている。 （国に説明済）	H26 6/4	森
8-44	様々な地震の耐震評価をした結果、発電所がどういうふうに耐震性能を上げていったのか。ハードウェアがどういうふうに対応しているのか具体的な取り組みを整理して説明すること。	四電	伊方3号機について、平成18年 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震安全性評価（耐震バックチェック）においては、蓄電池架台や配管支持構造物の耐震性向上工事を実施し、また、平成19年の新潟県中越沖地震を踏まえた対策として、取水設備等の耐震性向上工事を、更に、概ね1000ガルに対応として、充電器盤、ドロップ盤等の耐震性向上工事を実施している。	H26 6/4	奈良 林
8-45	耐震性能の確認について、地震動（周期）がどういった設備等に適応しているのか、適応先を整理すること。	四電	新規制基準にも定められている通り、基準地震動は耐震重要施設等の評価に用いるものであり、その評価においては、対象となる個々の施設の固有周期に応じ、その施設にかかる応力等を算定し、それが評価基準値以内に収まることを確認している。	H26 6/4	森

8-46	仮に耐震性能上、機能を喪失しても、それを復旧する方法を準備していること(アクシデントマネージメント)を適応先と併せて示すこと。	四電	送電線については、平時より、復旧用の仮鉄柱や電線等の資材を保有しており、自然災害時に万一の鉄塔倒壊や電線の断線等が発生した場合においても早期に応急復旧できる体制を整えている。 66kV送電線であれば、鉄塔1基の応急復旧は数日程度で可能であり、伊方発電所の非常用発電機により備蓄燃料を用いて保安電源を供給できる期間内で外部電源からの供給を再開可能である。また外部電源の多様化の一環として近隣の変電所から配電線を引き込んでおり、これについても資材の保有、応急復旧の体制を整えている。	H26 6/4	奈良 林
8-47	国の審査会合によるコメント「基準地震動Ss-1の継続時間が更に増加した場合」とあるが、耐震設計への影響はないのか。	四電	基準地震動が変更となった場合については、その変更内容(例えば継続時間の変更)が施設の耐震性へ及ぼす影響について確認を行う。	H26 6/4	森
8-48	資料1-2の29ページのそれぞれの破壊開始点からの破壊の方向は、伊方原子力発電所に向かうように破壊が伝播することによいのか。	四電	破壊開始点から同心円状に断層破壊は伝播していき、伊方発電所にも向かってくる。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-49	資料1-2の29ページの破壊開始点の設定は、地震動が大きくなるような方針で破壊の仕方を設定しているのか。	四電	破壊開始点から伊方発電所に向かってくるよう、断層破壊が伝播する評価としており、評価地点である伊方発電所にとっては地震動が大きくなり、厳しい評価となる。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-50	資料1-2の28ページの活断層のモデルについて、過去のこれまでの検討から位置の変更はないのか。	四電	敷地前面の断層群について、伊方の敷地の沖合の約8kmの位置から変更はしていない。	H26 12/24	森

8-51	応答スペクトル手法による評価において、断層長さが変わると評価はどのように変わるのか。	四電	応答スペクトルに基づく地震動評価においては、松田式を用い断層の長さから地震規模を求めるが、松田式では断層長さが長くなると、地震規模も大きくなる。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-52	地震規模の算定に用いている松田式の概要及び適用範囲等について説明すること。	四電	松田式は断層長さ(L)と地震規模(M)との関係を示した式であり、 $\log L = 0.6M - 2.9$ で表される。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-53	資料1-2の42ページの緑色の線は何を表しているのか。どういう判断基準で見たらいいのか説明すること。	四電	緑色のラインは、耐専スペクトルにおいて、震源と評価地点とが極近距離の場合の地震動を定義しているものであり、精度が保障されている範囲の限界のラインとなる。このラインよりも左上側にいくと耐専スペクトルの適用範囲外となる。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-54	当初申請での基準地震動：570ガルに対し、基準地震動Ss-1が650ガルに変更されているが、そのプロセス(国の審査、事業者の考え方)について説明すること。	四電	耐専スペクトルの適用について、他の距離減衰式と比較すると大きめの値を与えるというところはあるが、より保守的にという観点で、従来適用していなかったものについても今回は保守的に適用した。更に、耐専スペクトルで内陸地殻内地震を評価する場合は内陸補正を行うが、保守的に今回は補正をせずに評価を実施し、地震動をより大きく評価した。その結果、0.02秒の最大加速度が620ガルとなったが、これに更に余裕を見て650ガルという基準地震動Ss-1を設定した。 (国に説明済)	H26 12/24	森
				H26 12/24	吉川
8-55	耐専スペクトルは、今回の新規制基準の中で初めて採用したものか。	四電	申請時にも耐専スペクトルは採用しているが、今回は断層長さ69kmにも採用しており、69kmの評価結果(620ガル)を余裕をもって包絡するように基準地震動Ss-1を設定した結果、570ガルから650ガルに変更となった。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-56	資料1-2の賀祥ダムについて、観測地震動を基盤地震動として取り扱っているのか。	四電	賀祥ダムの基礎のせん断波速度(Vs)は1.2~1.3km/s程度に対し、伊方発電所は2.6km/sと硬いが、保守的に補正はせず、監査廊の観測記録をそのまま震源を特定せず策定する地震動として設定した。 (国に説明済)	H26 12/24	森

8-57	資料1-2の賀祥ダムについて、観測地震動を基盤地震動として取り扱くと、数値が小さめになる可能性があるのではないか。	四電	賀祥ダム基礎部に対する堤頂部の本震記録は周期 0.06 秒や 0.07 秒付近で増幅傾向がみられるため、同周期付近は構造物等の影響を受けて基礎部の地震動レベルが小さくなっている可能性も考えられるが、同周期帯における基礎部の応答スペクトルを見ても、全周期帯の地震動レベルの傾向と比べて大きく減衰しているものではない。このため、その影響度は小さく、基準地震動の策定には影響はないものと考えられる。	H26 12/24	森
8-58	震源を特定せず策定する地震動として設定した鳥取県西部地震の記録である賀祥ダム(監査廊)は、具体的にどのような部分の記録か。	四電	岩盤上に設置されたダムの監査廊内に設置された地震計の記録である。 なお、賀祥ダムは(コンクリートの質量を利用しダムの自重で水圧に耐える)重力式ダムである。 (国に説明済)	H26 12/24	森
8-59	資料1-2の賀祥ダムについて、観測地震動を基盤地震動として取り扱くと、数値が小さめになる可能性があるとの指摘は国の審査会合ではなかったのか。	四電	賀祥ダムの基礎のせん断波速度(V_s)は 1.2~1.3km/s 程度に対し、伊方発電所は 2.6km/s と硬いが、保守的に補正はせず、監査廊の観測記録をそのまま震源を特定せず策定する地震動として設定しており、これが過小評価であるといったような国の指摘はなかった。	H26 12/24	森
8-60	震源を特定せず策定する地震動として設定した鳥取県西部地震の記録は、賀祥ダム(監査廊)の記録であり、適用にあたって伊方発電所の地盤特性をどのように考慮したか説明すること。	四電	賀祥ダム基礎部に対する堤頂部の本震記録は周期 0.06 秒や 0.07 秒付近で増幅傾向がみられるため、同周期付近は構造物等の影響を受けて基礎部の地震動レベルが小さくなっている可能性も考えられるが、同周期帯における基礎部の応答スペクトルを見ても、全周期帯の地震動レベルの傾向と比べて大きく減衰しているものではない。このため、その影響度は小さく、基準地震動の策定には影響はないものと考えられる。	H26 12/24	森
			基礎部の観測記録について、鳥取県西部地震の本震記録と余震記録に基づく H/V スペクトルを比較したところ、概ね同様の結果となっていることから、基礎部の本震記録には地盤の非線形化の影響は見られない。 基礎部の地震計は約 8~9m 程度のコンクリート基礎を介して岩盤の直上に設置された構造であり、この地震計による観測記録は岩盤とほぼ同様の挙動を示していると考えられる。 以上より、基礎部の地震計の観測記録は岩盤相当の記録とみなせると考えられる。 伊方への適用にあたっては、賀祥ダムの基礎のせん断波速度(V_s)は 1.2~1.3km/s 程度に対し、伊方発電所は 2.6km/s と硬いが、保守的に補正はせず、監査廊の観測記録をそのまま震源を特定せず策定する地震動として設定した。	H26 12/24	岸田

8-61	耐専スペクトルについて、「耐専」と「野田モデル」というふたつの名前があるがどのような違いか。	四電	社団法人日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会（非公開）で検討された距離減衰式を、対外的に発表したのが野田氏であり、「耐専スペクトル」、「野田式」は双方とも同じ式を指している。	H26 12/24	吉川
8-62	伊方発電所の中央構造線の評価に用いた手法は、国の審査会合において審査されているのか。それとも標準的な評価手法なのか。	四電	中央構造線断層帯の地震動評価に用いた手法は経験的グリーン関数法であるが、この手法は既に確立されたものであり、この手法を採用することについて国からの指摘は受けていない。（国に説明済）	H26 12/24	吉川
8-63	基準地震動Ss-1の評価において耐専スペクトルを適用しているが、69kmの検討ケースが最も保守的であることを説明すること。	四電	耐専スペクトルでは、松田式を用いて地震規模を算定しているが、この松田式による適用範囲内となるモデルのうち、セグメントの考え方を考慮すると、地震規模が最大となる 69km モデル（M7.9）が最も大きな地震動レベルを与える。それよりも断層が長くなると、等価震源距離も長くなることから、地震動レベルは小さくなる。仮に 69km モデルを超える断層長さが破壊した場合には、最大応答加速度が変動する可能性はあるものの、基準地震動 Ss-1(650 ガル)に影響を及ぼすような大きな変動はないと考える。	H26 12/24	森

項目 9:耐津波性能

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
9-1	津波に関しては、最悪の事態を想定して対策をとろうとしていると理解しているが、揺れに関して、イベントツリーでの解析等を行っているのか。	国	今後、基準地震動が策定された段階で、イベントツリーを用いた地震ハザード評価を行うこととなる。	H25 7/17	森
9-2	海外では、リスクという概念で、確率論的評価が行われているが、日本ではおこなわれているのか。若しくは、議論されてきたのか。	国	平成25年7月に施行された新規制基準においては、事業者が確率論的安全評価を行い、想定すべき事故シナリオを選定した上で、そのシナリオに対して事業者のシビアアクシデント対策が有効に機能するかどうかを評価することを求めている。 また、平成25年12月に施行した実用発電用原子炉の安全性向上評価(いわゆるFSAR)においても、定期的に確率論的リスク評価を行うことを求めている。	H25 7/17	森
9-3	津波の検討ケースについて、重複させたものはないのか。	四電	津波が想定される現象について、5つのケース(南海トラフ巨大津波、1596年慶長豊後地震による津波、海域130km連動モデルの地震による津波、火山の山体崩壊に伴う津波、地滑り津波)を抽出し、このうち敷地前面海域の断層群による津波と地滑りに伴う津波を重畳させ、敷地にとって厳しくなるよう評価している。 (国に説明済)	H25 7/17	宇根 崎
9-4	津波の検討ケースについて、重複させた場合にフェーズが重なる想定をする必要があるのではないか。	四電	フェーズが小さくならないよう、保守的に重畳させて評価している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
				H25 7/17	宇根 崎

9-5	津波の検討ケースについて、地すべりはどのくらいの規模なのか。	四電	地滑りの規模としては、九州で最大 5 億 4000 万 m ³ の規模を想定し、その土塊が別府湾に入ったものとして津波評価している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
9-6	津波の検討ケースについて、5億 4,000 万 m ³ といったものが崩壊して、別府湾に土塊が入るといもののシミュレーションも含まれているのか。	四電	津波の検討ケースの中で、九州の地滑りで最大 5 億 4000 万 m ³ の規模を想定し、その土塊が別府湾に入ったものとして津波評価している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
9-7	津波の検討ケースについて、瀬戸内海側の地形で海底地すべりが起きる場合は確認しているか。	四電	海底地滑りにつても文献調査、海底地形調査、海底音波探査等にて調査した結果、瀬戸内海側では可能性は非常に低いものと評価している。 (国に説明済)	H25 7/17	森
9-8	元東大の都司氏によると、1596 年の慶長豊後地震では瀬戸内海側で大きな津波があったとしているが、それについての検討はしているのか。	四電	検討を行った結果、都司先生の言われる上関は山口県では無く、大分県の現佐賀関であろうと考えている。その上で津波シミュレーションを実施した結果、伊方発電所前面海域の津波高さは 50cm と評価している。 (後者については国に説明済)	H25 7/17	森

9-9	元東大の都司氏によると、1596年の慶長豊後地震では大きな津波があったとしているが、玄与日記は山口県上関の地元の伝承ではないのか。	四電	当社でも調査した結果、山口県の地元の伝承では無いことを確認している。 (学会発表済)	H25 7/17	森
9-10	1596年の慶長豊後地震について、津波被害地を大分県佐賀関の上関であったと想定した場合の津波の検討はしているのか。	四電	津波の評価の結果、50cmと評価している。(8-13と同じ) (国に説明済)	H25 7/17	森
9-11	規制庁では、津波評価において、局所的地質の上下運動などは議論されたのか。	四電	陥没地形による津波についても国の指摘があり、解析を実施した結果、敷地に大きな影響が無いことを確認している。 (国に説明済)	H25 9/11	森
9-12	審査会合では、津波評価について、強震動における傾斜断層運動を津波に対して当てはめた検討を行っているのか。	四電	申請時点で、不確かさの考慮の中で想定して検討している。 (国に説明済)	H25 9/11	森

9-13	津波の場合には不確かさをどのように考慮しているのか。	四電	土木学会の津波評価技術に従い不確かさを考慮している。例えばすべり角については、中央構造線の場合、横ずれ断層のため 180° という真横のずれを想定しているが、不確かさの考慮として±10° 角度を変えた評価も実施している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-14	地震津波以外の海底地すべりや陸上地すべり等による津波の不確かさの考慮についてはどうか。	四電	例えば、火山の山体崩壊に関しては、資料 30 頁に示すように、山体崩壊の津波発生源になる土量の換算において、既往最大規模の土砂崩壊量に加え、不確かさの考慮として、鶴見岳の東半分の斜面が崩壊したケースも評価している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-15	伊方原発の同じ海岸線上にあるところでの陸上地すべりについてはどうか。	四電	25 頁に記載しているが、不確かさの考慮として、想定される地すべり地点における最大規模の地すべりを想定したり、地すべり津波評価時に複数の解析手法を用いた評価を実施している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-16	山体崩壊の不確かさについては量的な不確かさというのを考慮しているが、陸上地すべりに関しては、不確かさについて量的なものは考慮されていないように思うがその点はどうか。	四電	解析手法的な観点から不確かさを考慮している。突入する土量は同じだが、二層流という手法と、キネマティックランドスライドモデル(kinematic landslide model)といった複数の手法を用いて津波評価を実施している。 また、量的な観点としては、現地調査を行い、滑落崖などを認定し、地すべり土塊を判断して、最大崩れる範囲を想定しており、不確かさの考慮はこの中に含まれていると考えている。 (国に説明済)	H26 3/20	森

9-17	陸上地すべりは、既往最大やこれまでの知見に基づく確からしいモデルにより検討していると思うが、さらに専門分野からするとあまり事例がないような不確かさも考慮しているのか。	四電	例えば伊方発電所の東、海岬西(かいざきにし)と、そのもう一つ東側に海岬があるが、地形判読すると地すべりブロックが2つ見られる。通常であれば、下だけ壊しただけでもいいと考えるが、不確かさの考慮として、下が崩れた後さらに上が崩れるといった評価を実施している。さらに、そもそもこれらの地すべりは降雨性、雨による地すべりがほとんどと考えており、基本的には地震のときにこういう地すべりが生じるものではないと考えているが、地震時に崩れると仮定した評価を実施している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-18	宝永地震のときに崩れた五剣山があるが、崩れる前に崩れるおそれのある地形を認定できるのか。	四電	五剣山は、強度の小さい凝灰岩層の上に載った屏風岩状の不安定な岩塊が浮石となって転倒したものであり、地質調査によって予見できると考えている。なお、五剣山の崩壊よりも規模の大きな地すべりを想定して津波評価を行っている。 (後者については国に説明済)	H26 3/20	森
9-19	地震による地すべりあるいは山体崩壊については、あまり知見がないことから、不確かさについて考慮すべきと考えるが、特に近いところの陸域の斜面崩壊は津波高に大きな影響を及ぼすことから、検討をお願いしたい。	四電	例えば伊方発電所の東、海岬西(かいざきにし)と、そのもう一つ東側に海岬があるが、地形判読すると地すべりブロックが2つ見られる。通常であれば、下だけ壊しただけでもいいと考えるが、不確かさの考慮として、下が崩れた後さらに上が崩れるといった評価を実施している。さらに、そもそもこれらの地すべりは降雨性、雨による地すべりがほとんどと考えており、基本的には地震のときにこういう地すべりが生じるものではないと考えているが、地震時に崩れると仮定した評価を実施している。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-20	最も影響を及ぼすものでよいので、より不確かさを考慮する方向での根拠を安全性を担保する視点から考えて、具体的な数字を入れて説明して欲しい。	四電	敷地周辺の伊予灘沿岸部に点在する地すべりは、地震地すべりではなく、古い時代に形成された降雨地すべりであり、現在は安定していると評価され、これまでに伊予灘沿岸部で地すべりによる津波が発生した事例もない。したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、沿岸部の自然斜面で降雨地すべりが発生して岩屑流(地すべり土塊)が海面に突入することで生じる津波の影響評価を行っている。 地すべり地の選定、範囲・規模の設定においては、詳細調査(地表踏査・地形再判読等)に基づいているが、コメントの主旨を踏まえ、国に報告している地すべり規模の考え方にとらわれず、不確かさの更なる重畳を考慮した参考評価として、地すべり規模を一定程度増加させた場合の地	H26 3/20	森
				H26 3/20	望月

			すべり津波計算を実施し、影響検討を行った結果、想定される津波は発電所の安全性に影響を及ぼすものではないことを確認した。(別紙1参照)		
9-21	資料1-2-1の48ページの浸水想定範囲の海水面は、流れるときの勢いによって高まる効果も考慮しているのか。	四電	海水は、所謂暗渠のような場所を通り、ピットの方に入る。その過程で様々な抵抗等も全部考慮し、ピット内で上昇する水位が4.35mと評価している。直接波がピット内に衝突するわけではない。 (国に説明済)	H26 3/20	森
9-22	津波関係について、平成6年の土木学会基準のどこに問題があり、今回の新規制基準はどういう点が優れているか。	四電	特に土木学会基準に問題があったとは考えていない。手法自体には問題はなく、起こりうる津波を予見できなかったということにつきて考えている。新規制基準は、海溝型地震の連動を考慮したり、地すべり津波と地震津波の重ね合わせを考慮するなど、考えうるさまざまなケースを想定し、厳しい評価が行われるよう規定されている。	H26 3/20	吉川
9-23	想定している最大の津波がきても発電所において問題ないことを分かりやすく説明すること。	四電	最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定するとともに、津波の発生要因として地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組み合わせによるものを複数選定し、不確かさを考慮して津波評価を行った結果、上昇側では敷地高さを越えず、下降側では海水ピット内に設置された海水ポンプの取水性に問題のないことを確認している。	H26 3/20	吉川
9-24	津波関係の原子力規制庁の審査において、追加の意見や要望はなかったか。	四電	考慮した不確かさについて審査会合で説明し、了承されている。今後津波ハザード評価を実施する。	H26 3/20	望月
9-25	津波対策について、水密扉の運用を厳しくする必要があるが、どのような運用としているか。	四電	全ての水密扉については、浸水時の防護機能を確実なものとするため、以下の運用管理を実施している。 ・水密扉開放時は現場で警報を発信し、閉止忘れを防止している。 ・作業等により長時間(30分以上)開放する場合は、防災課長の作業許可を受ける。 【作業許可条件】 ○監視人を配置し、緊急時は閉鎖可能な体制がとれていること ○津波警報(注意報)発令時には、当直長からのページング放送等により、直ちに水密扉を閉鎖	H26 3/28	奈良 林

			すること 3号炉敷地前面の基準津波高さは、現在のところ、T.P.+8.12mであるが、T.P.+10m(敷地高さ)より下の階に設置された水密扉※に対して、水密扉が閉止されていることを中央制御室で確認できる監視装置を設置し、浸水時の防護機能をより確実なものとする。(平成26年5月完了) ※原子炉建屋・原子炉補助建屋とタービン建屋 T.P.+3.8m の境界部の水密扉 7箇所及び、海水ピット T.P.+5.0m の水密扉 2箇所 【中央制御室での遠隔監視】 ・扉開放を検知し監視盤に開表示 ・扉開放一定時間経過後、告知警報を発信 (国に説明済)		
9-26	仮に水密扉が開いている状態で津波がきた場合は、どのような影響があるか。対応マニュアルは整備しているのか。	四電	・安全上重要な機器を設置しているエリアの浸水に伴う安全機能への影響を回避する観点から、上記のとおり社内マニュアルを整備し、常時閉止の運用管理を徹底することとしている。 ・地震+津波については、水密扉が万一開状態であった場合、地震を起因とした溢水により、タービン建屋から原子炉建屋、原子炉補助建屋への浸水により一部の機器への影響が考えられるが、今回実施した安全対策により、安全性は維持される。 (国に説明済)	H26 3/28	奈良 林
9-27	主要動継続時間の52秒間の任意の時刻で地すべりの津波が重畳するとの想定は必ずしも適切ではないと思う。重畳津波において、揺れが起きた後、いつでも地すべりの津波が発生すると考えると、どこが最も高いピークになるのか。	四電	敷地周辺における地震による地すべりは、規模も小さく影響も大きくないため、保守的に規模の大きい降雨性の地すべりの規模を、地震に重畳させる地震地すべりとして評価している。規模が大きいため、大きな地震が起こってからでないと崩れづらいため、主要動継続時間内で重なる可能性を探索し、最も厳しくなる値を求めている。 (国に説明済)	H26 6/4	森
9-28	重畳津波について、規模は降雨性のものを想定しているのか。	四電	敷地周辺における地震による地すべりは、規模も小さく影響も大きくないため、保守的に規模の大きい降雨性の地すべりの規模を、地震に重畳させる地震地すべりとして評価している。 (国に説明済)	H26 6/4	森

9-29	重畳津波について、地震の揺れが収まった後、地すべりが落ちることも想定する必要があると考えるがどうか。	四電	重畳の評価では、土塊が海に入る時間の概念を完全に排除する評価とはなっていないが、主要動継続時間内で最も厳しくなる時間帯を探索するとともに、規模が大きい降雨性の地すべりを地震地すべりとして、地震時に全ての土塊が海に入るといった仮定条件で評価しており、十分保守的な評価となっていると考えている。 (国に説明済)	H26 6/4	森
9-30	重畳津波の想定の方考え方について、整理して説明すること。	四電	重畳の評価では、規模が大きい降雨性の地すべりを地震地すべりとして、地震時(主要動継続時間内)に全ての土塊が海に入るといった仮定条件で評価している。 (国に説明済)	H26 6/4	森
9-31	発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価(ストレステスト)は、弱点を見出して、想定を超える津波がきても、その備えをきちんとしておくという点で、非常に有効だと思う。伊方の場合の津波発生時の評価を説明すること。	四電	重畳を考慮しても津波は敷地高さである T.P.+10m を超えないが、ストレステストにおいては、津波が敷地高さの T.P.+10m を超えるとの想定の下、水密扉の設置等の浸水対策を実施し、T.P.+14.2m 以下であれば、原子炉が安全に停止できることを設備面、運用面から確認している。	H26 6/4	奈良 林
9-32	津波高さの解析手法についてはどのように検証されているのか。	四電	津波の評価に用いている計算方法については、理論計算や水路実験等により、シミュレーション結果が整合的であることを確認している。また、近年発生した津波の痕跡高と計算結果がよく整合していることも、東北大を中心として確認されていると考えている。	H26 6/4	吉川
		国	新規制基準において、既往最大を上回るレベルの津波を「基準津波」として策定するが、その策定にあたっては、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを選定し、また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組み合わせによるものを複数選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施することを求めている。なお、数値解析結果の妥当性については、新規制基準適合性審査の中で、敷地周辺に来襲したと考えられる既往最大の津波(信頼性のあるデータを有するもの)の再現性等を用いて確認することとしている。	H26 6/4	吉川

9-33	国の審査会合によるコメント「地震動評価モデルにもとづく断層の不均質な破壊を考慮した津波評価」について、考え方を説明すること。	四電	津波評価では、断層面に対して均一的に変位を与えた上で評価を実施しているが、一方で地震動モデルではアスペリティとそれ以外で不均質なすべり量を与えているモデルがあることから、国コメントを踏まえ、地震動モデルの設定が確定した後、津波についてもこのモデルで評価し、影響がないことを確認している。 (国に説明済)	H26 6/4	吉川
9-34	資料2-2の16ページの波源モデルの設定方針について、「土木学会(2002年)の手法による既往評価の結果」となっているが、福島県の教訓が盛り込まれているのか。	四電	津波評価では、大まかに①モデルとなる波源を設定し、②設定したモデルによる津波高さ計算を実施するが、土木学会の手法による評価に関する福島県の教訓としては、①モデルとなる波源の設定において、これまでに発生した地震の規模で確度の高いものを想定して最大のモデルとして設定しており、これが平成23年の東北地方太平洋沖地震と比較して小さかったことが教訓の一つであると考えている。モデル設定後の②津波高さ計算については特に問題とはなっていない。伊方発電所における津波評価では、様々な不確かさを考慮し、安全側となるよう、波源モデルの設定を行っており、保守的な評価となっていると考える。 (国に説明済)	H26 12/24	奈良 林
9-35	伊方の津波高さについて、基準津波よりも高くなった場合に伊方原子力発電所は耐えられるのか。	四電	評価の結果、津波は敷地高さ(T.P.+10m)を越えないことを確認しているが、伊方発電所では、水密扉の設置等によるT.P.+14.2mまでの浸水対策や、T.P.+32m等に設置している重大事故等対処設備により、仮に津波が敷地高さを越えたとしても、原子炉を安全に停止できることを確認している。 (国に説明済)	H26 12/24	奈良 林

項目 10:耐震・耐津波性能(共通)

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
10-1	地震・津波に関しては、「不確かさの考慮」が重要であり、考慮している不確かさが全ての不確かさを包含している、本当に妥当であるのかについて、確認できるような説明資料を用意して欲しい。	四電	基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ(震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ等)について、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮し、評価した結果について審査会合(平成26年11月7日)にて説明し、概ね了承された。 また、基準津波の策定の過程に伴う不確かさの考慮に当たっては、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因(断層の位置、長さ、幅、傾斜角、すべり量、すべり角等)及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で適切な手法を用いて評価した結果について審査会合(平成26年11月14日)等、これまでの審査会合にて説明し、概ね了承された。 (国に説明済)	H26 3/20	宇根 崎
10-2	豊予海峡断層について、地震動評価に用いたモデルと津波評価に用いたモデルが同一ではないため、その妥当性について説明すること。	四電	津波評価において、地震動評価モデルと同じような配置となるよう、豊予海峡セグメントの東部区間の走向をやや北向きに修正(反時計回りに回転)し、津波評価を実施する。	H26 12/24	高橋
				H26 12/24	森

項目 11:全般

番号	委員コメントまとめ	四電、国又は事務局回答		日付	コメント 委員
11-9	多重防護の観点から過程が複雑になり、保守保全の観点から運転の仕方が変わってくると思うが、事業者はどのように対応するのか。	四電	多重防護の観点から、安全対策として多くの恒設設備、可搬型設備を配備しているが、基本的には電源機能の多重化(空冷式非常用発電機等)、除熱機能の多重化(代替ポンプ、水中ポンプ、ホース)、燃料輸送機能の確保(ミニローリー)に大別される。対応過程が複雑にならないよう、一つの手段が何らかの理由で使用不能になれば次の手段に移行することを基本に手順書を整備し、訓練によって習熟度を上げて行っている。	H25 7/17	渡邊
11-14	原子力規制委員会では、人員の配置や手順書も見据えた審査が行われているのか。	四電	原子力規制委員会の審査では、組織・体制、教育・訓練、手順書が主要な審査項目として挙げられており、組織・体制の中で人員の配置、手順書の中で具体的な事故対応手順が審査されている。	H25 9/11	宇根 崎

愛媛県原子力安全専門部会 コメント回答

＜3月14日伊予灘地震について＞

- ・深部地震計のはざとり解析について
- ・基盤地震計のはざとり解析について

＜岩手・宮城内陸地震について＞

- ・伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域の地域差について

＜津波について＞

- ・地すべり津波で想定する地すべり規模の不確かさについて

平成27年2月4日
四国電力株式会社



コメント内容および目次

コメント内容			頁
3月14日 伊予灘地震 について	3/20	① 深部地震計の周期0.6～0.8秒付近で増幅しているように見えるので検証すること ② 深部地震計の周期0.2～0.3秒付近で160mより上において増幅しているように見えるので検証すること	2
	3/20	③ 基盤地震計NS方向の周期0.2秒～0.3秒で、GL-160mからGL-80mにかけて増幅しているように見えるので検証すること	10
岩手・宮城 内陸地震に ついて	6/4	④ 岩手・宮城内陸地震について、資料で説明すること	16
津波 について	3/20	⑤ 山体崩壊については、あまり知見がないため、原子力発電所の安全性を考えるという観点から、確からしい地すべり量に対して不確かさを考慮する必要があるのでは。	37

<3月14日伊予灘地震について>

コメント①, ②

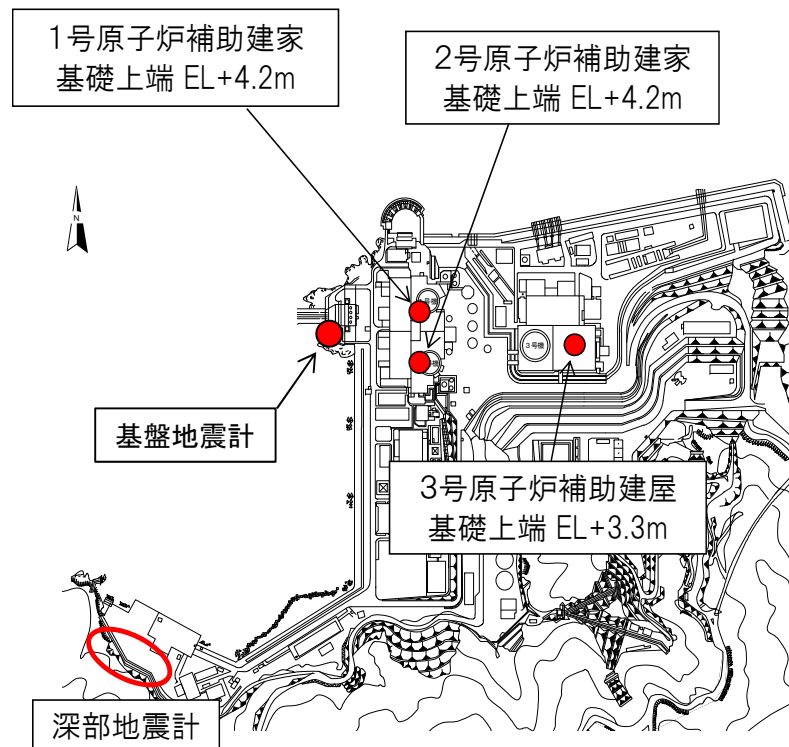
深部地震計のはぎとり解析について

平成26年3月20日
愛媛県原子力安全専門部会

- ① 深部地震計の周期0.6～0.8秒付近で増幅しているように見えるので検証すること
- ② 深部地震計の周期0.2～0.3秒付近で160mより上において増幅しているように見えるので検証すること

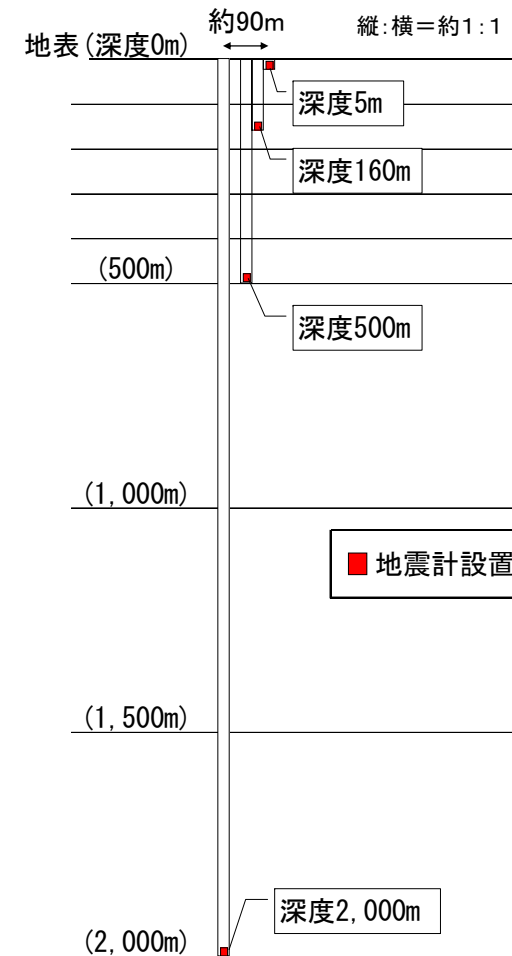
地震計設置位置

地震計設置位置



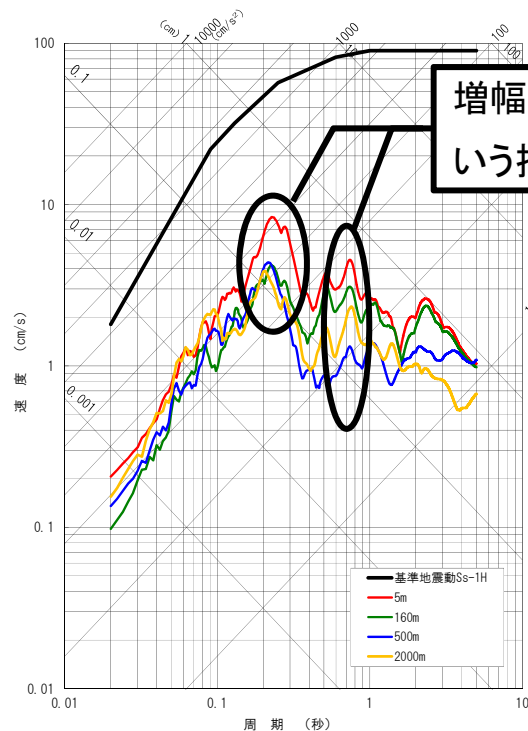
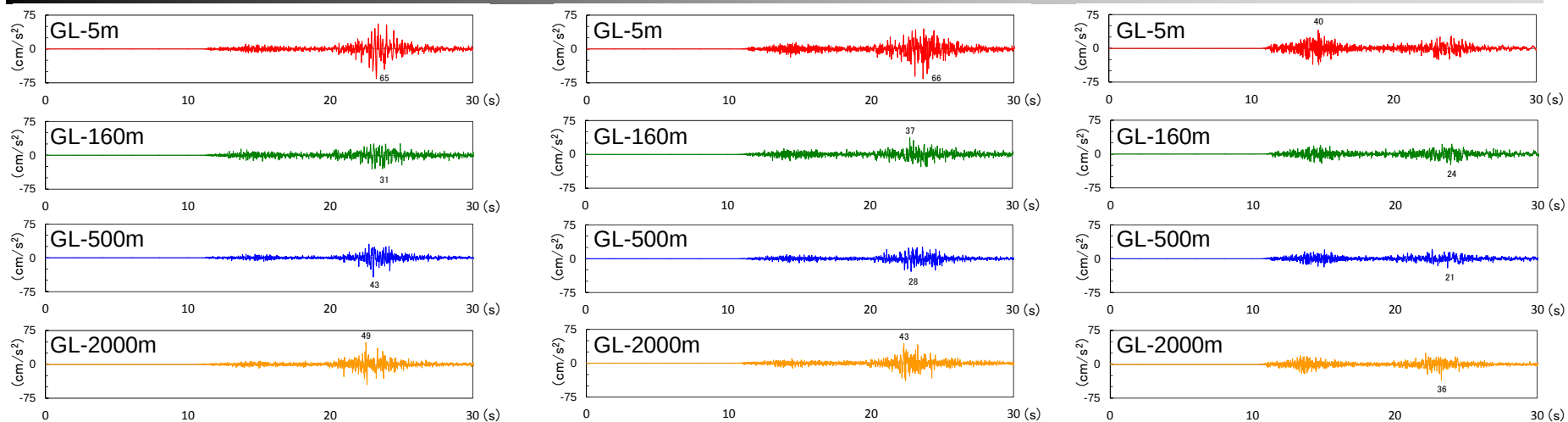
地震計設置位置図(配置図)

深部地震計の設置深度

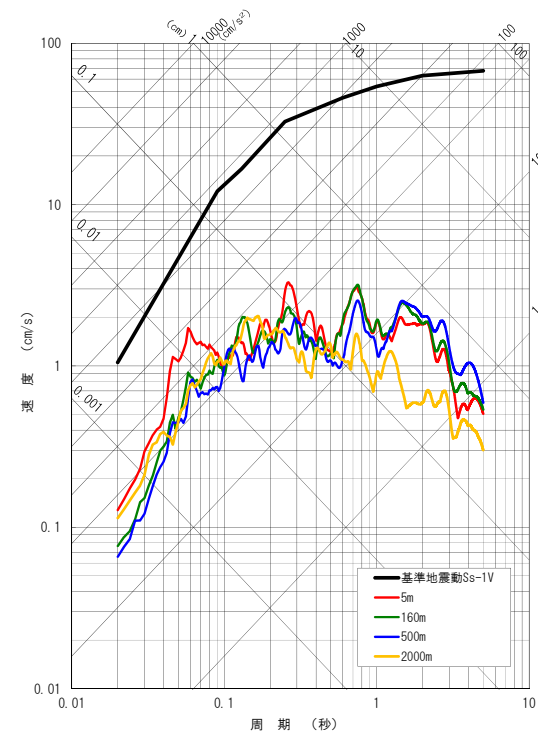
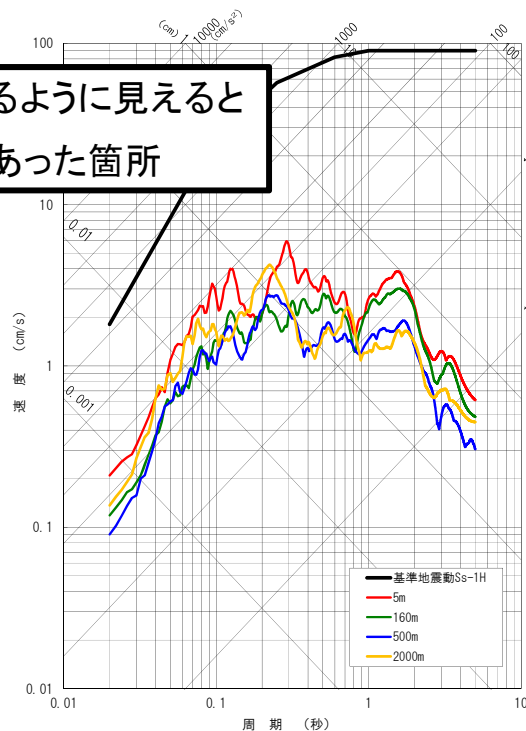


地震計設置断面図

深部地震計の観測波形および応答スペクトル (3/14の伊予灘の地震)



増幅しているように見ると
いう指摘があった箇所



NS

EW

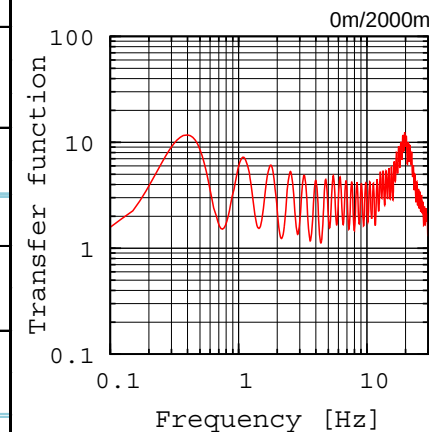
UD

深部地震計の観測波形の検証

伊方の地盤は顕著な増幅が発生するような地盤でないことを確認するため、地震基盤相当のGL-2000mの観測波（E+F）の入射E波を鉛直アレイモデル（地震計設置地点）に入射し、モデルによる計算波形と地震計による観測波形を比較する。地震計設置深度での計算波形を算出するために、地震計設置深度を仮想の層境界として設定したモデルを用いる。

深度		鉛直アレイモデル(深部地震計設置位置)				鉛直アレイモデルの地震計設置深度に層境界を設けたモデル									
		Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [g/cm ³]	Q	No	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [g/cm ³]	Q	Thickness [m]	GL	Upper depth [m]	Depth range [m]	
0						1	650	400	2.3	50	5	▽GL-5m	0	0	5
▽GL-5m(地震計)		650	400	2.3	50	2	5200	2400	2.9	50	155	▽GL-160m	5	5	160
10						3	5200	2400	2.9	50	20		160	160	180
130						4	4600	2200	2.7	50	120		180	180	300
▽GL-160m(地震計)		5200	2400	2.9	50	5	4700	2600	2.7	100	200	▽GL-500m	300	300	500
180						6	4700	2600	2.7	100	120		500	500	620
200						7	5200	3000	2.7	100	660		620	620	1280
230						8	5500	3300	2.7	220	720	▽GL-2000m	1280	1280	2000
300						9	6100	3500	2.7	230	—		2000	2000	—
350															
▽GL-500m(地震計)		4700	2600	2.7	100										
620															
800															
1280															
1500															
▽GL-2000m(地震計)		5500	3300	2.7	220										

鉛直アレイモデルによる
理論伝達関数



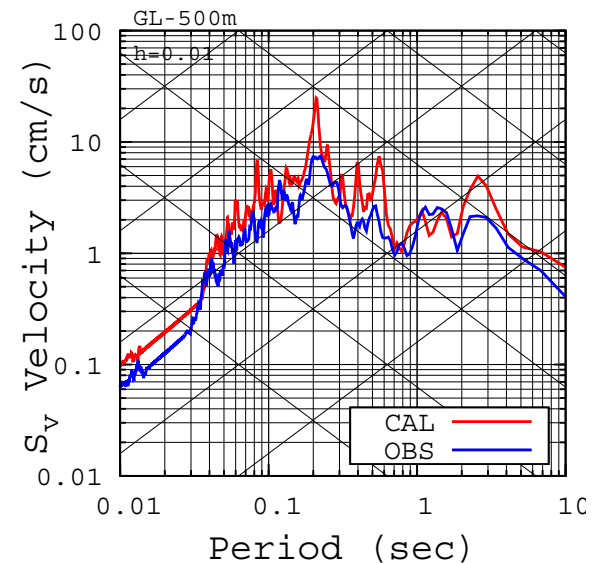
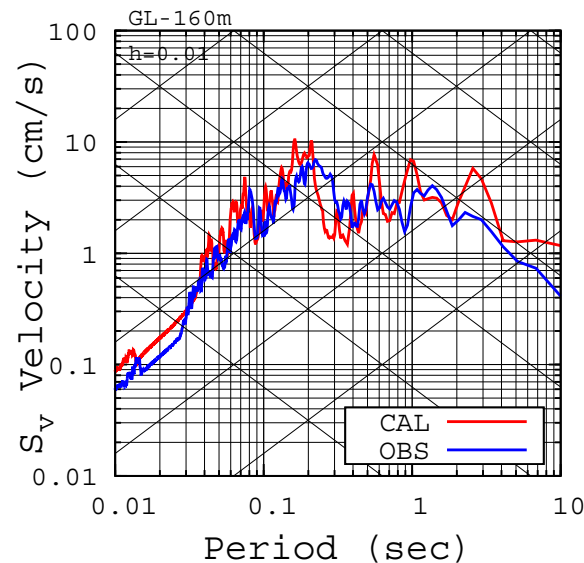
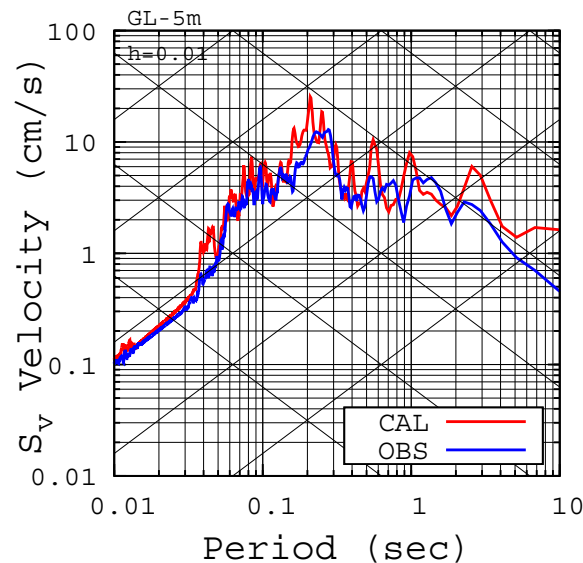
深部地震計の観測波と地盤モデルの検証

計算波形と観測波形の比較

— モデルによる計算波形
— 地震計による観測波形

深度2000m → 入力波
深度5m
深度160m } → 理論波形を算出
深度500m

観測波形と比較

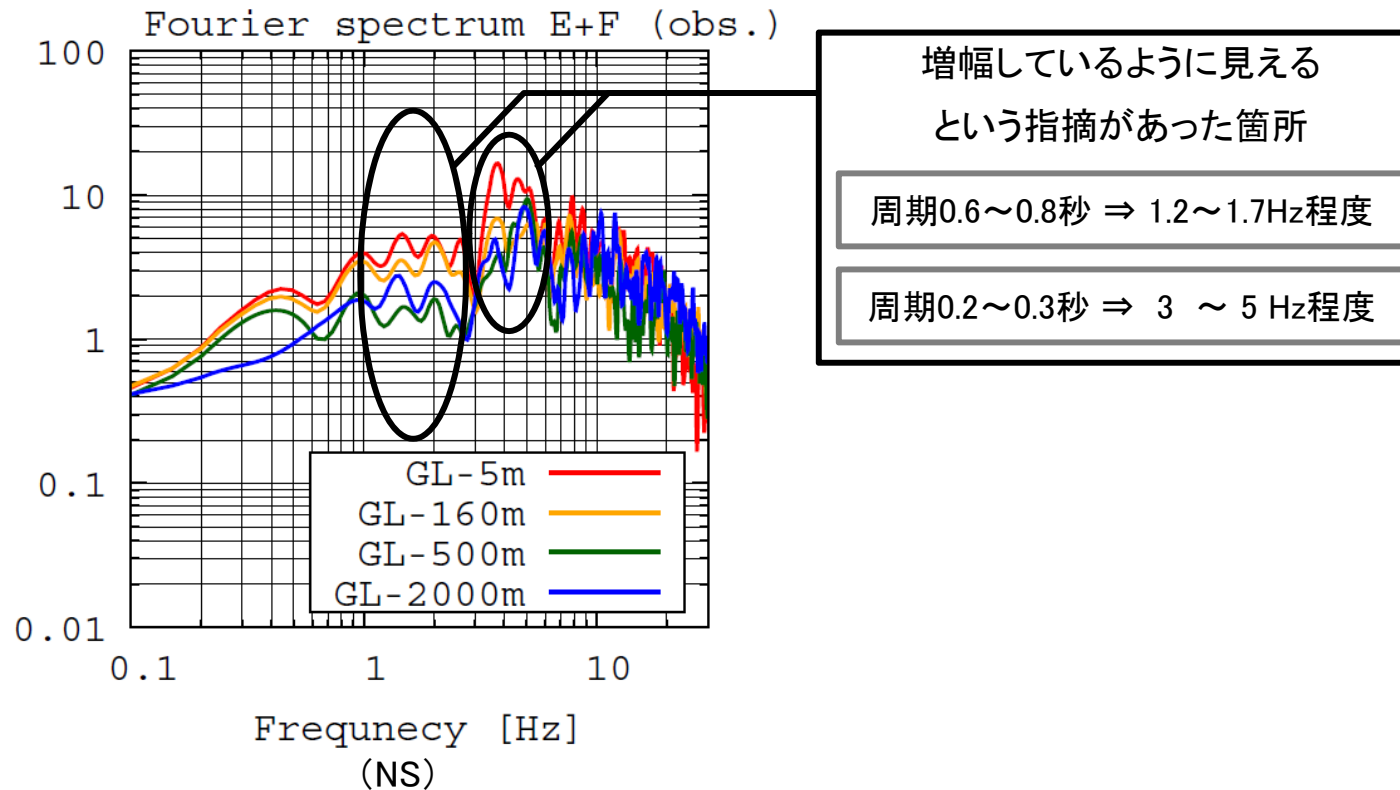


算出した計算波形と観測波形の応答スペクトル比較(transverse)

地震計による観測波形（青線）はモデルによる計算波形（赤線）と調和的であり、地盤モデルが妥当であることを確認。

深部地震計の観測波(E+F)のフーリエスペクトル

応答スペクトル（NS方向）の周期0.6～0.8秒、0.2～0.3秒付近で増幅しているように見えることについて、これは反射波（F）の影響であると考えられる。ここで、増幅の傾向を見る上では応答スペクトルよりフーリエスペクトルで比較した方が傾向を把握しやすいため、フーリエスペクトルで比較することとする。

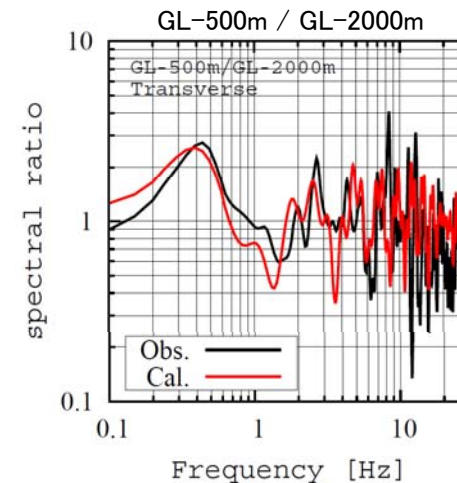
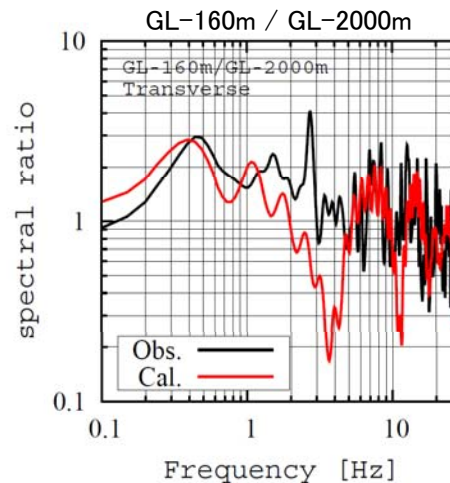
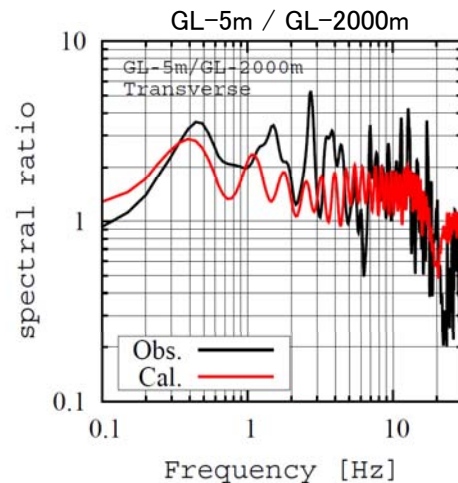
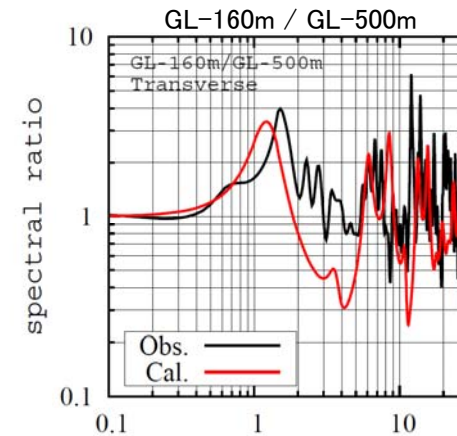
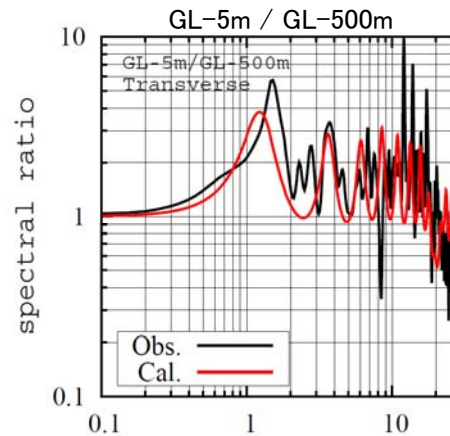
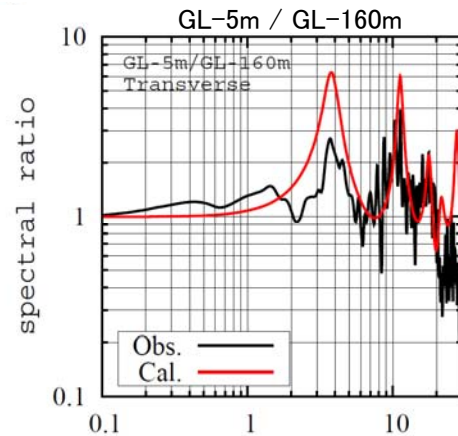


➡ 観測記録のインバージョンにより最適化した地盤モデルにてはざとり解析を実施し、反射波（F）の影響を除いたはざとり波（2E）にて増幅の有無を検証する。

深部地震計のインバージョン結果と観測波の伝達関数について

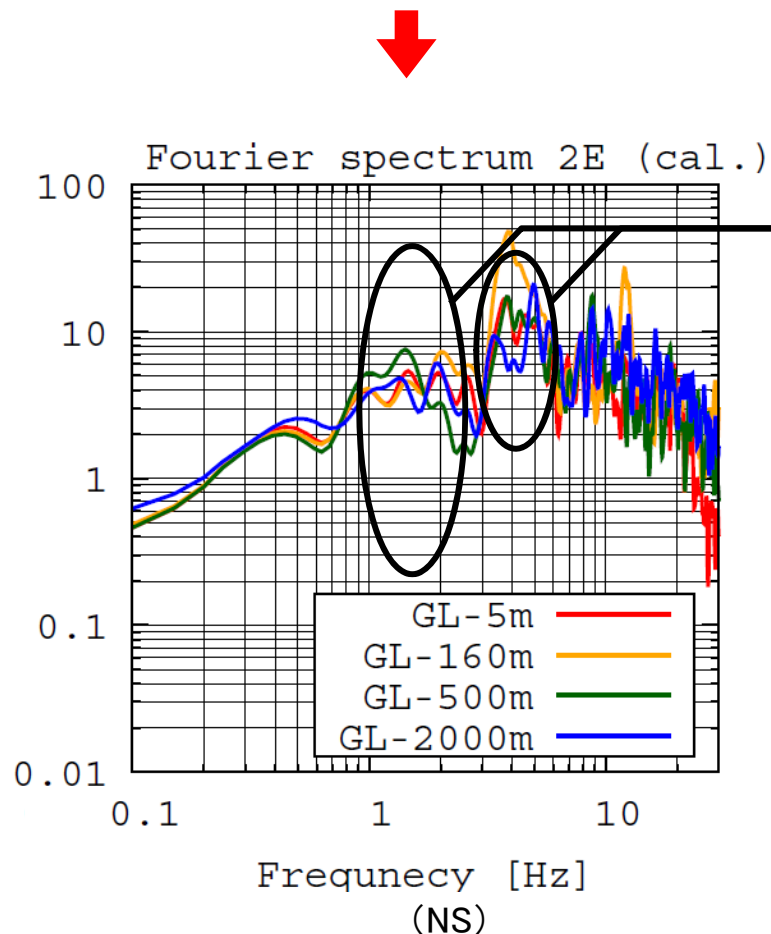
観測波の伝達関数（黒線）とインバージョンした地盤モデルの伝達関数（赤線）を比較すると、整合性が高く顕著に増幅する傾向は見られない。

— 観測波の伝達関数
— 地盤モデルによる伝達関数



深部地震計のはぎとり波(2E)のフーリエスペクトル

はぎとり解析結果を以下に示す。7 ページに示した1.2~1.7Hz、3~5Hz付近で増幅しているように見えた個所は、はぎとり波(2E)で比較するとおおむね一致することから、増幅によるものではなく、反射波(F)の影響によるものであると考えられる。



増幅しているように見えるという指摘があった箇所

周期0.6~0.8秒 ⇒ 1.2~1.7Hz程度

GL-2000m(青線)からGL-5m(赤線)がおおむね一致しており、増幅を示す傾向は見られない。

周期0.2~0.3秒 ⇒ 3 ~ 5 Hz程度

GL-2000m(青線)やGL-500m(緑線)と、GL-5m(赤線)はおおむね一致しており、増幅を示す傾向は見られない。なお、GL-160m(黄線)については、前頁の伝達関数(たとえば160m/2000m)を見ても分かるように、今回の地震では重複反射がうまく捉えられておらず、GL-160mの位置での4Hz付近のフィッティングがあまり良くないことから、はぎとり解析ではずれが生じたものである。実現象として増幅が生じたものではないと考えている。

<3月14日伊予灘地震について>

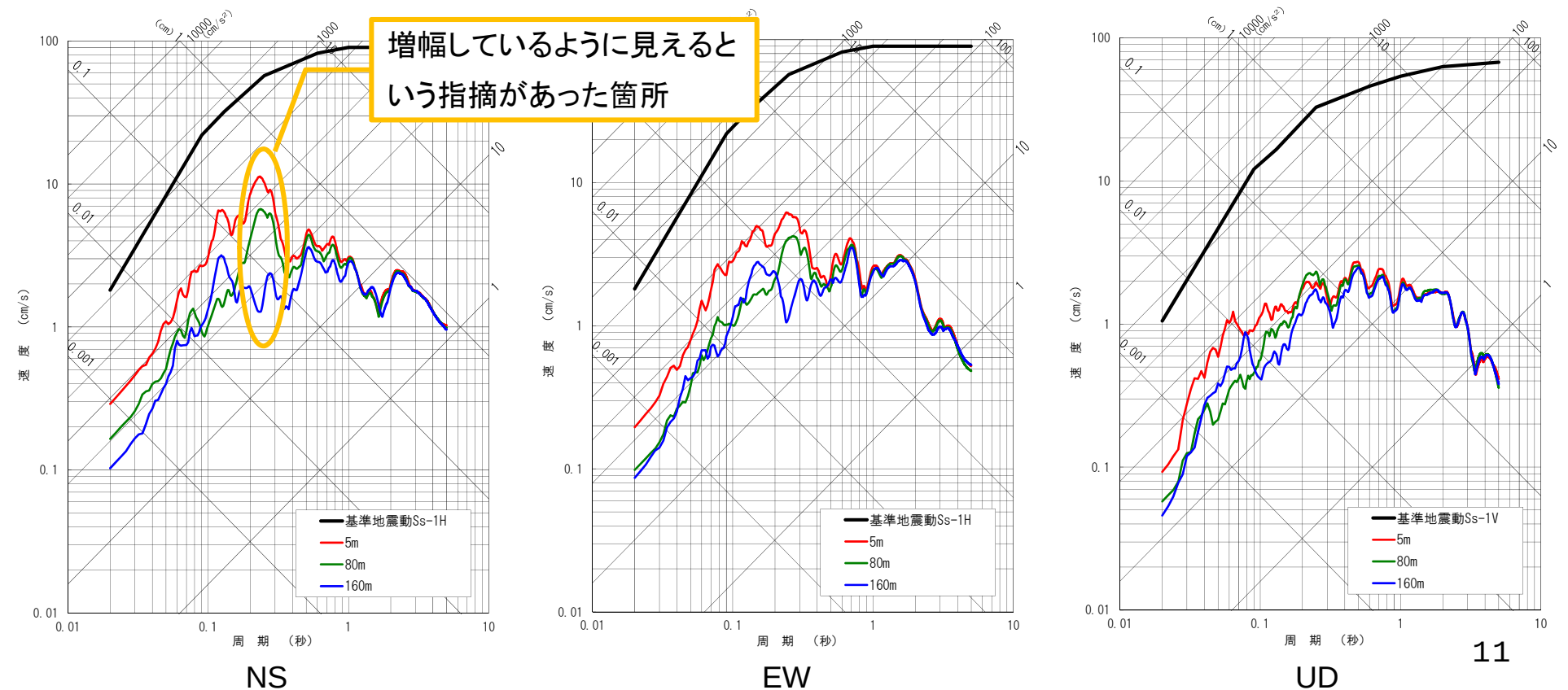
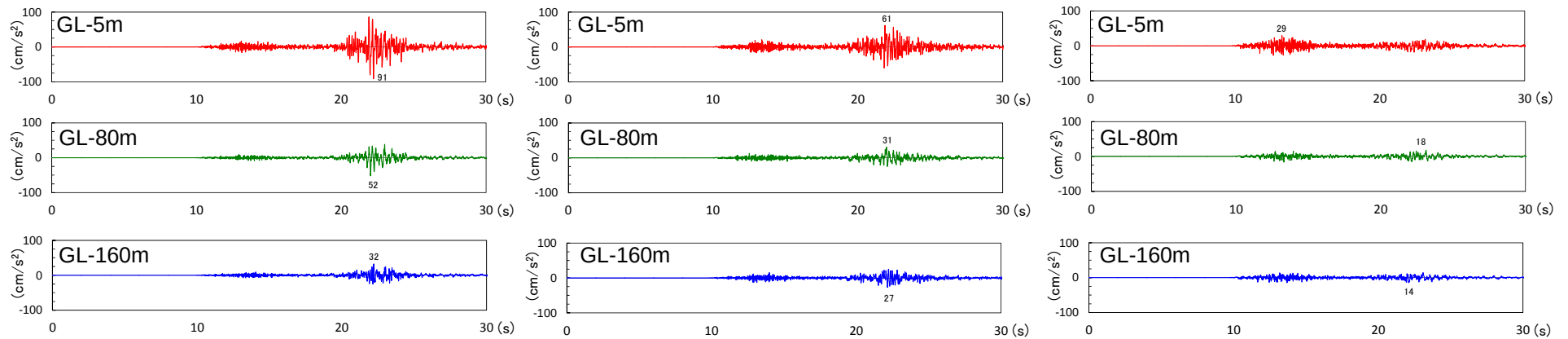
コメント③

基盤地震計のはぎとり解析について

平成26年3月20日
愛媛県原子力安全専門部会

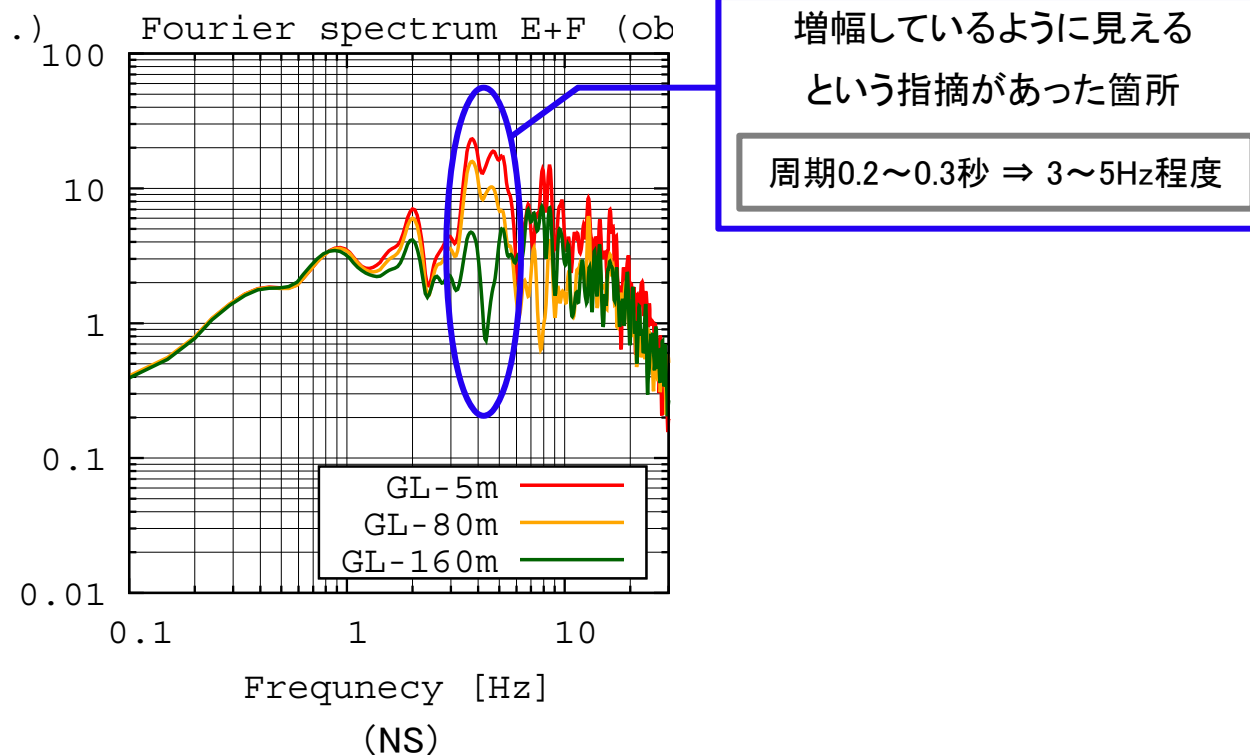
基盤地震計のNS方向の周期0.2秒～0.3秒で、GL-160mからGL-80mにかけて増幅しているように見えるので検証すること

基盤地震計の観測波形および応答スペクトル (3/14の伊予灘の地震)



基盤地震計の観測波(E+F)のフーリエスペクトル

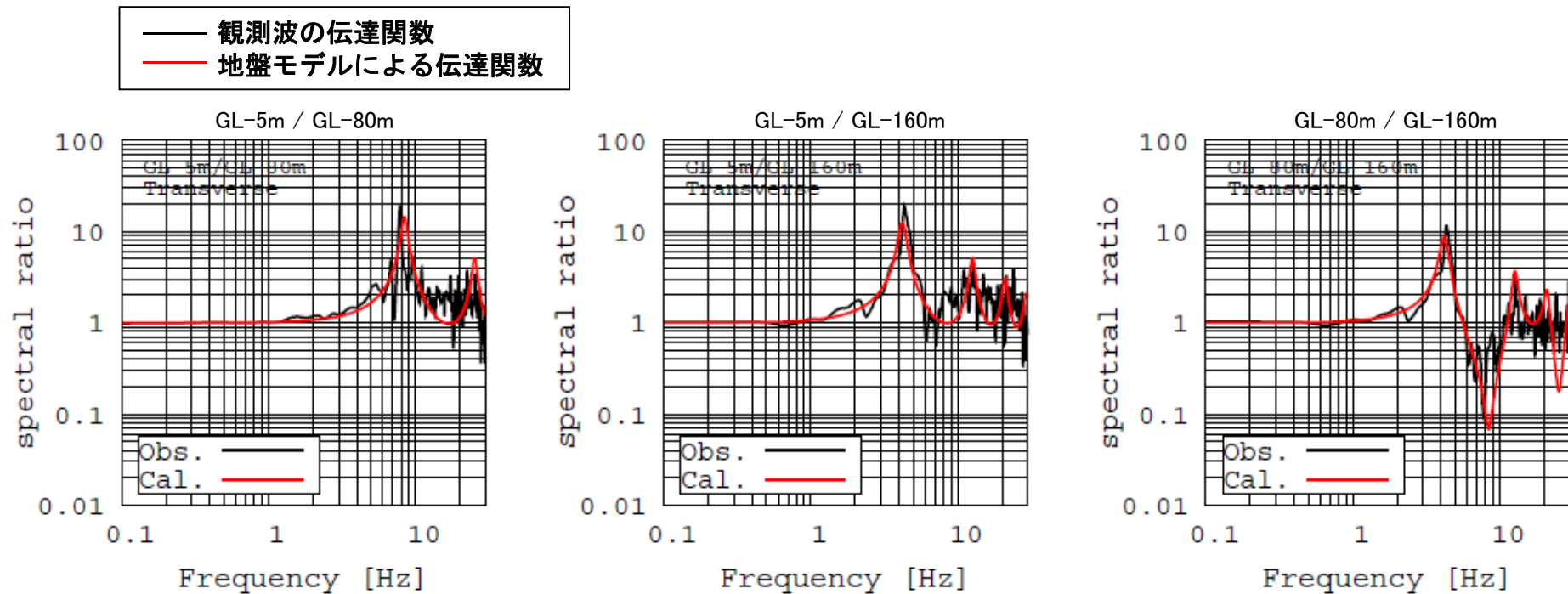
深部地震計の検討と同様に、増幅の傾向を見る上では応答スペクトルよりフーリエスペクトルで比較した方が傾向を把握しやすいため、フーリエスペクトルで比較することとする。



➡ 同様にはぎとり解析を実施し、反射波(F)の影響を除いたはぎとり波(2E)にて増幅の有無を検証する。

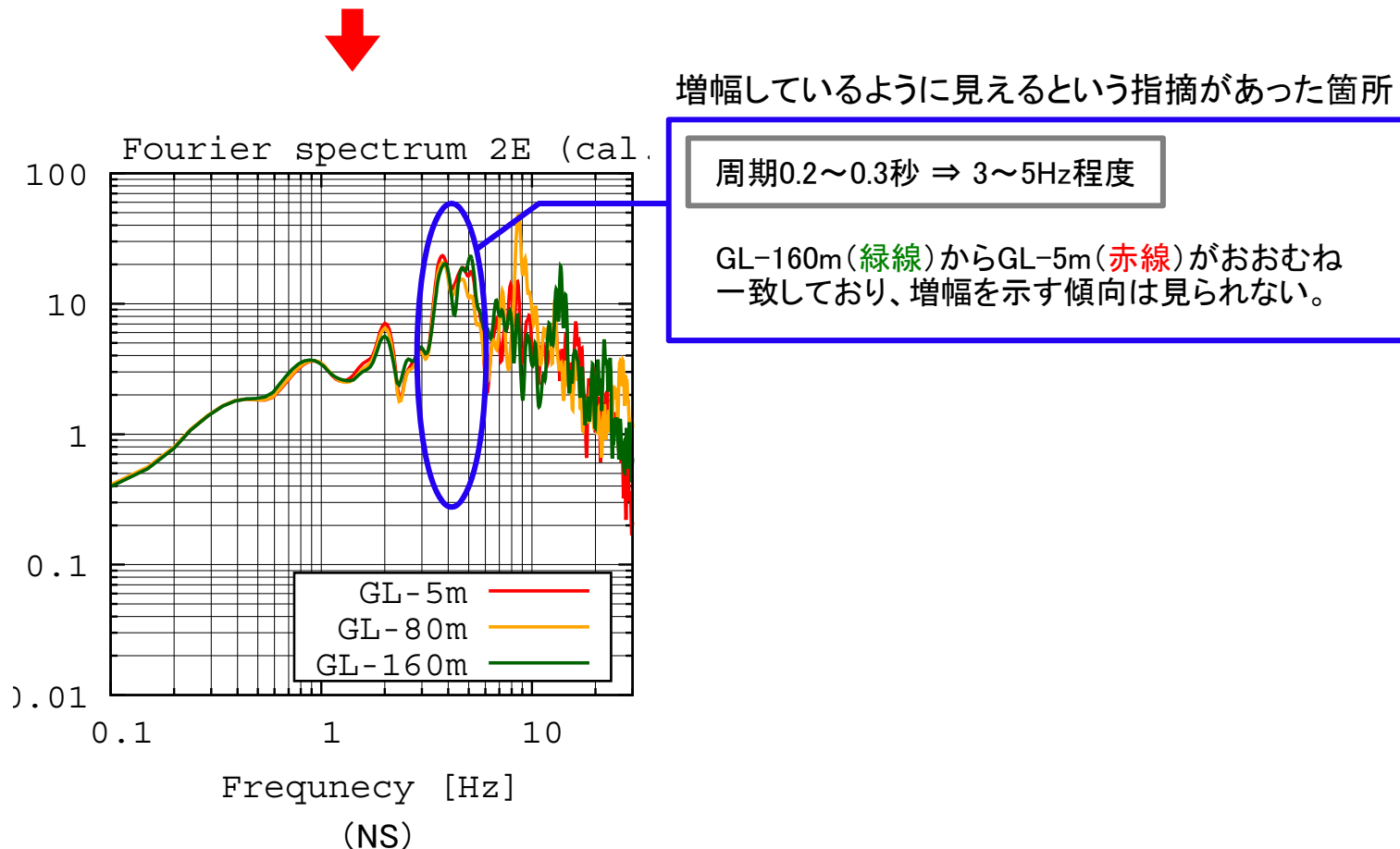
基盤地震計のインバージョン結果と観測波の伝達関数について

観測波の伝達関数（黒線）とインバージョンした地盤モデルの伝達関数（赤線）を比較すると、整合性が高く顕著に増幅する傾向は見られない。



基盤地震計のはぎとり波(2E)のフーリエスペクトル

はぎとり解析結果を以下に示す。12ページに示した3～5Hz付近で増幅しているように見えた個所は、はぎとり波(2E)で比較するとおおむね一致することから、増幅したものではなく、反射波(F)の影響によるものであると考えられる。



まとめ <3月14日伊予灘地震について>

<コメント①および②>

- ・ 深部地震計の周期0.6～0.8秒付近で増幅しているように見えるので検証すること
 - ・ 深部地震計の周期0.2～0.3秒付近で160mより上において増幅しているように見えるので検証すること
- ⇒増幅しているように見えた個所については、はぎとり解析を実施し、はぎとり波（2 E）で比較することで、増幅によるものではなく反射波（F）の影響によるものであると考えられる。

<コメント③>

基盤地震計のNS方向の周期0.2秒～0.3秒で、GL-160mからGL-80mにかけて増幅しているように見えるので検証すること

⇒同様に、基盤地震計の観測記録についてもはぎとり解析を実施し、増幅しているように見えた個所は、増幅によるものではなく反射波（F）の影響によるものであると考えられる。

<岩手・宮城内陸地震について>

コメント④

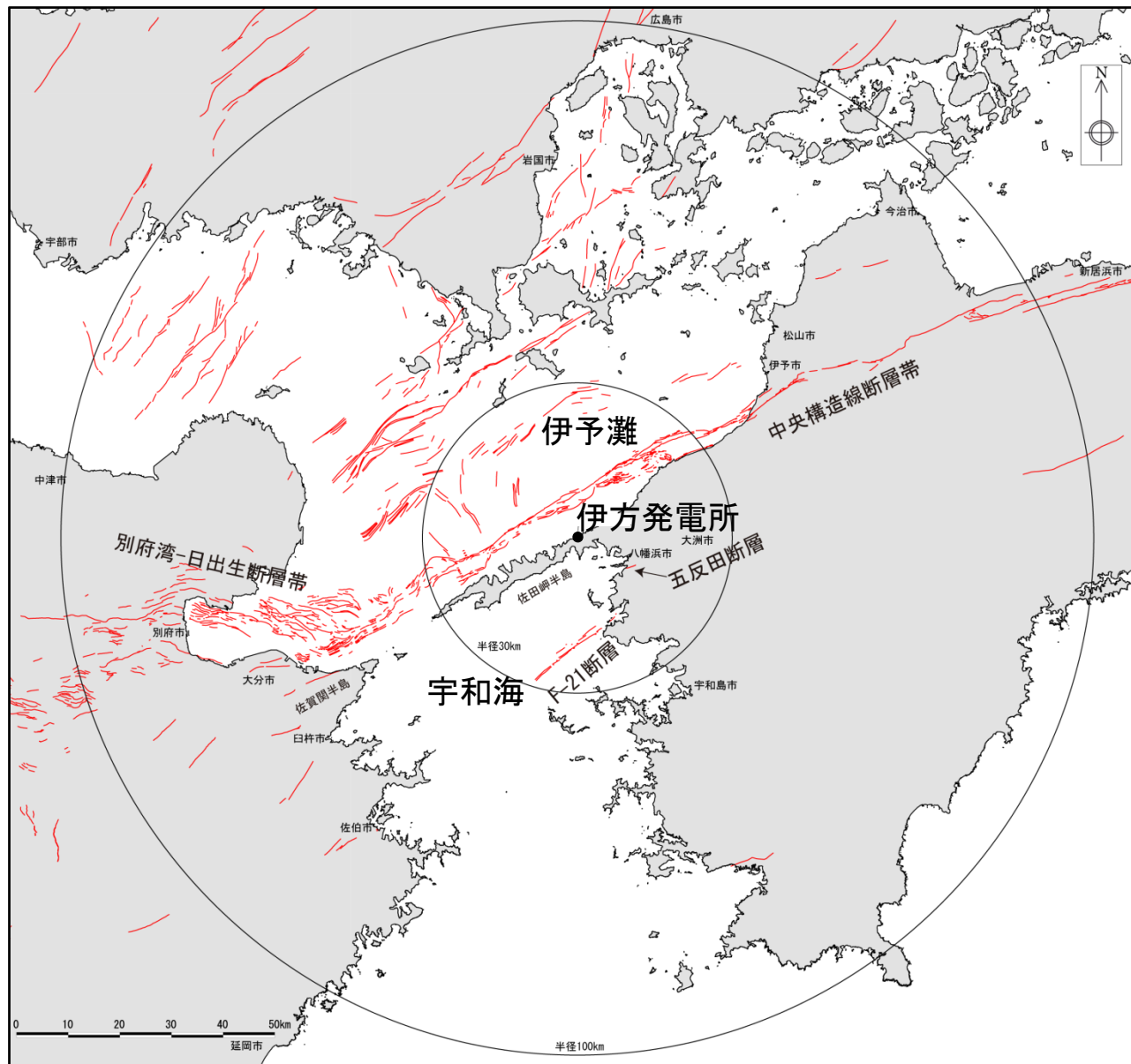
伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域の 地域差について

平成26年6月4日
愛媛県原子力安全専門部会

岩手・宮城内陸地震について、資料で説明すること

敷地周辺の活断層分布

伊方発電所立地地点の地域性



○伊方発電所において、最も影響の大きい活断層は敷地の沖合い約8kmを通過する中央構造線断層帯であり、東北東－西南西走向で右横ずれの性状を示す。

○敷地は活動度の高い中央構造線断層帯の南方に位置し、伊方発電所立地地点（半径5km）に活断層は分布しない。

【活断層分布図の出典】

中田 高・今泉俊文編，2002，活断層詳細デジタルマップ。

産業技術総合研究所活断層・地震研究センター，2012，活断層データベース，<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index.html>。

島崎邦彦・松岡裕美・岡村 眞・千田 昇・中田 高，2000，別府湾の海底活断層分布，月刊地球／号外，28，79-84。

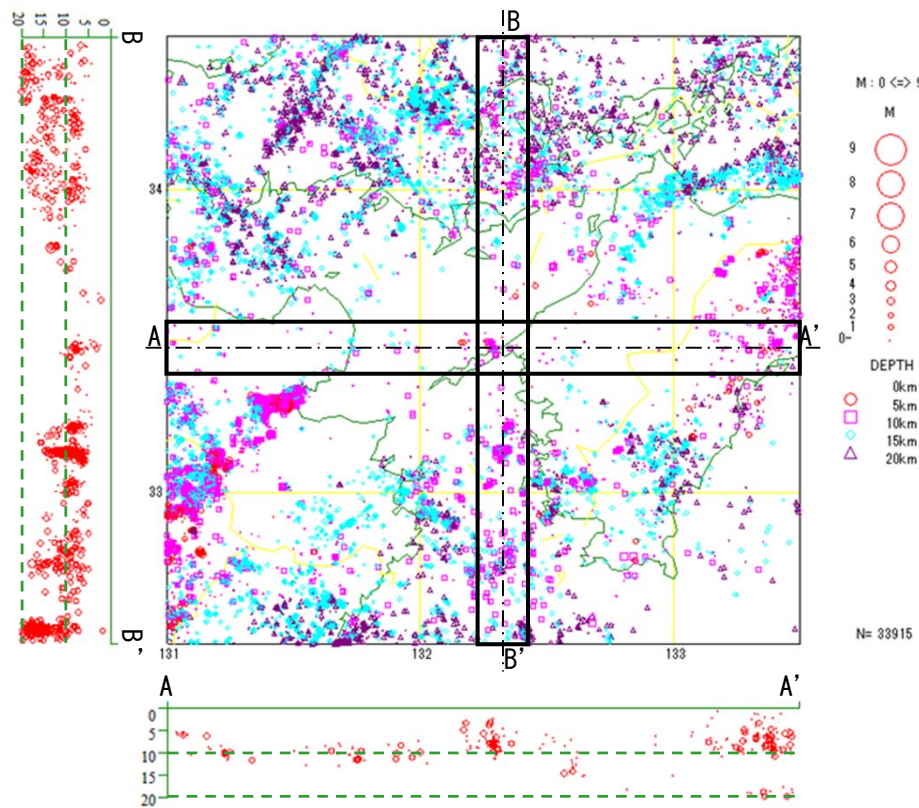
七山 太・池田倫治・大塚一広・三浦健一郎・金山清一・小林修二・長谷川 正・杉山雄一・佃 栄吉，2002，伊予灘～佐賀関沖MTL活断層系の広域イメージングとセグメント区分，産業技術総合研究所地質調査総合センター，活断層・古地震研究報告，2，141-152。

田中雅章・小西克文・國西達也・清水雄一・高智英二郎，2010，瀬戸内海西部海域における活断層の発見とそのテクトニクスについて，日本応用地質学会平成22年度研究発表会，93。

敷地周辺における微小地震の発生状況(気象庁一元化震源)

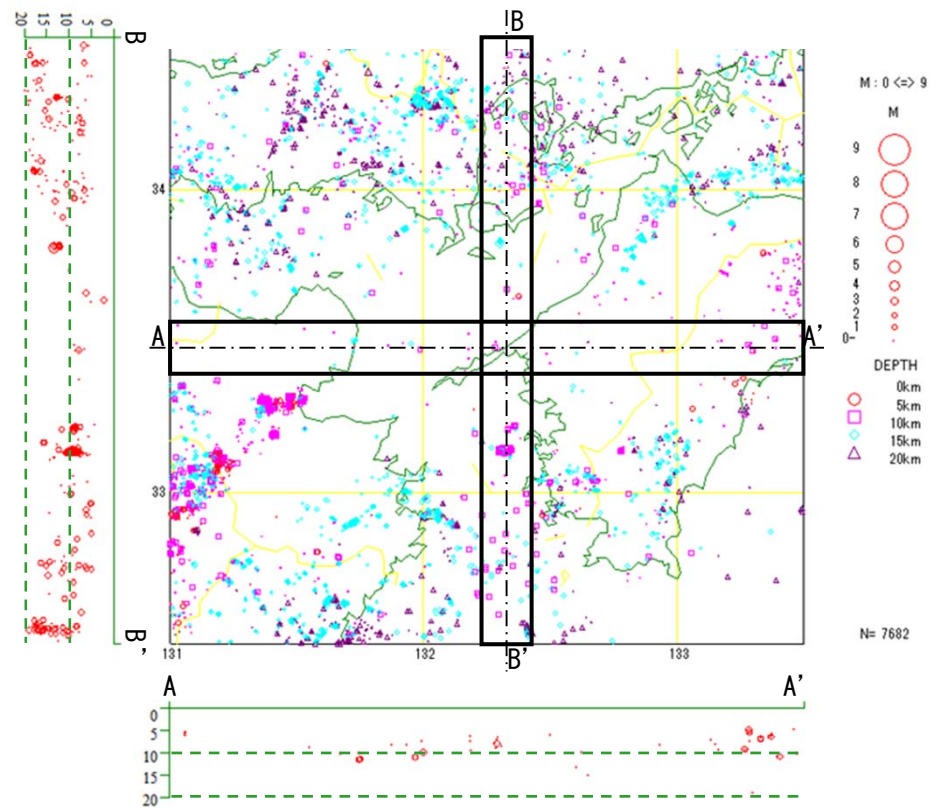
- 敷地周辺における地殻内地震は、1997年10月～2012年12月の間の気象庁一元化震源によると、**深さ12km以浅**で発生しているものの、**地震活動は極めて低調**である。
- 敷地周辺において群発地震活動は認められない。

1997.10.1～2012.12.31



気象庁一元化震源

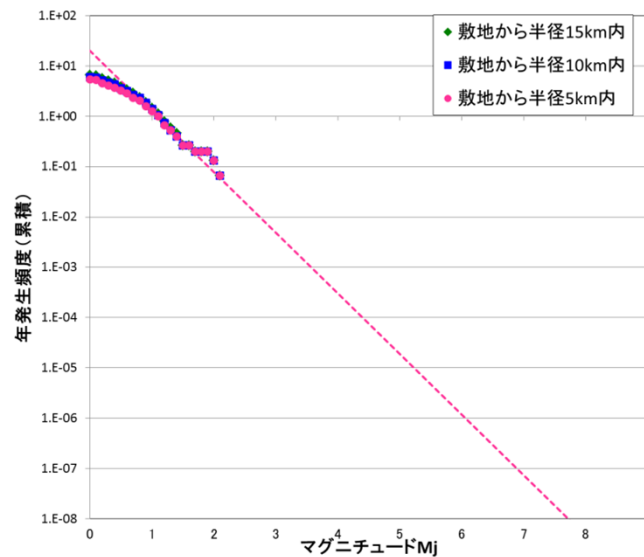
2010.1.1～2012.12.31(近3年間)



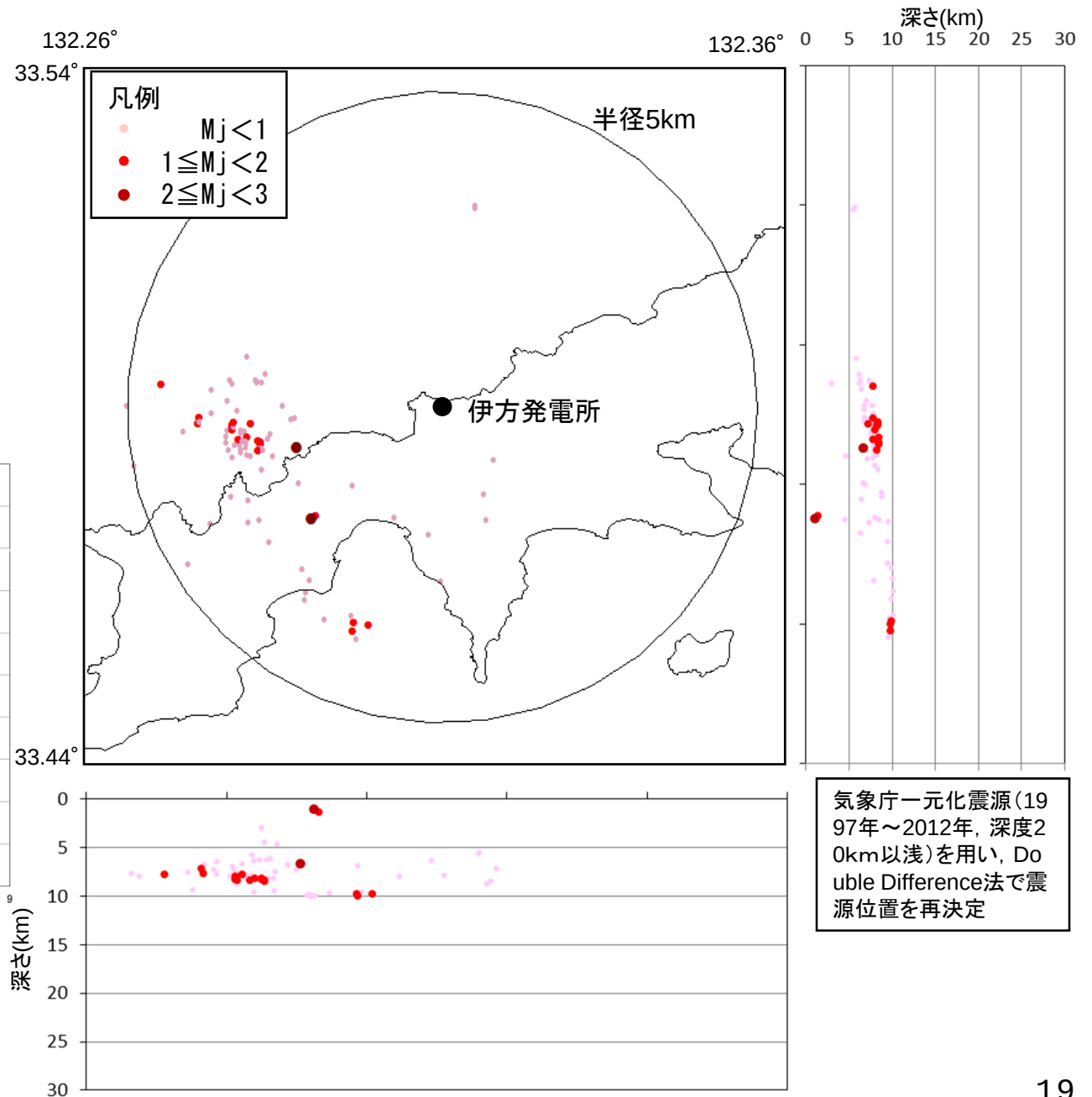
気象庁一元化震源

敷地近傍における微小地震の発生状況

- 伊方発電所西方約3kmに微小地震活動が認められるもののM2程度までの小規模な地震のみであり、敷地近傍（半径5km）の微小地震活動は極めて低調である。
- 地震活動が低調でデータ数が不足しているものの、敷地近傍で大きな地震が発生する確率は低いと評価される。



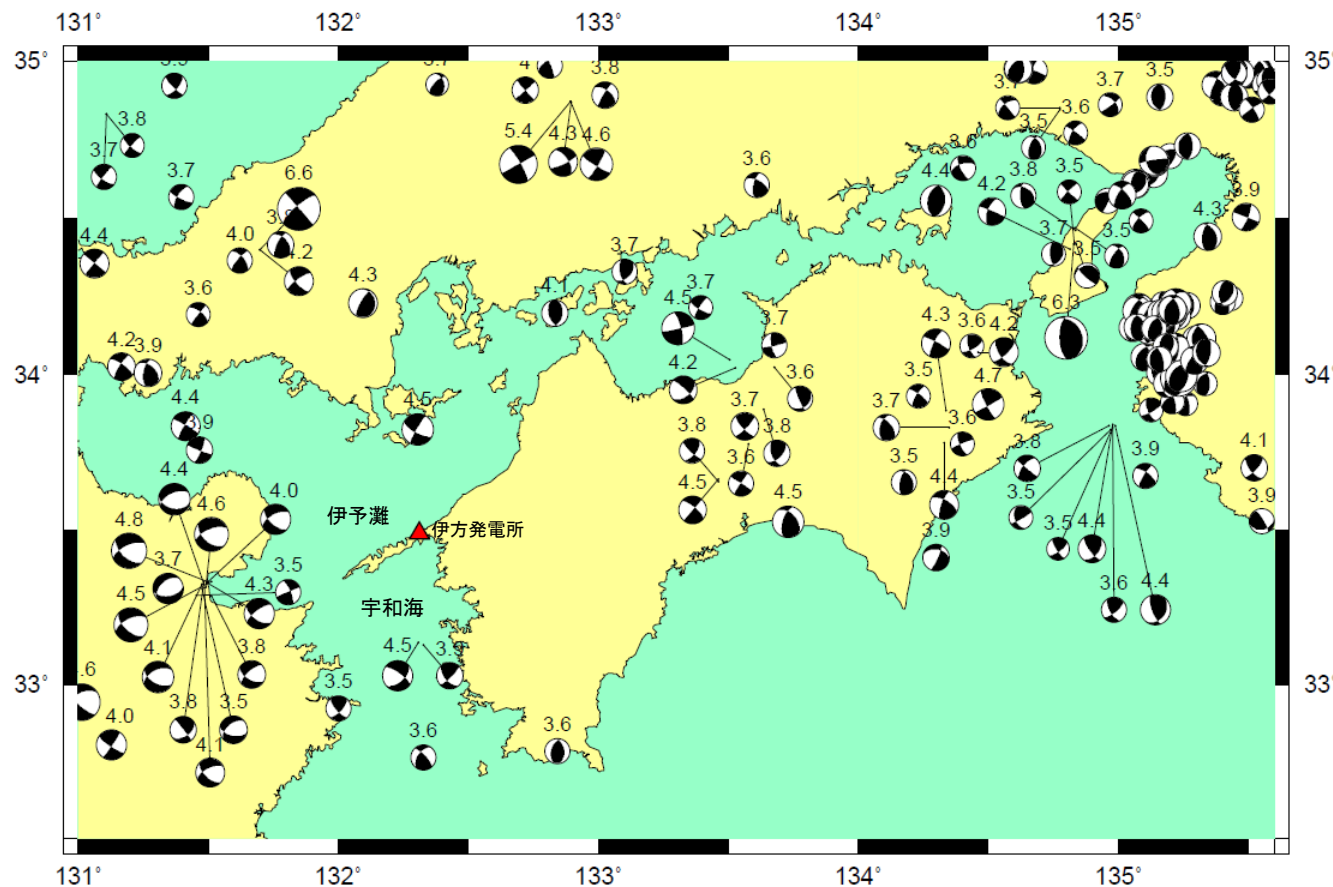
気象庁一元化震源 (1997年～2012年, 深度20km以浅) を用いて作成



気象庁一元化震源 (1997年～2012年, 深度20km以浅) を用い, Double Difference法で震源位置を再決定

四国周辺の内陸地殻内地震のメカニズム解(F-net)

■震源メカニズム：防災科学技術研究所広帯域地震観測網（F-net）
 地震規模： $M \geq 3.5$
 期間：1997.1 ～ 2014.6まで
 震源深さ：20km以浅

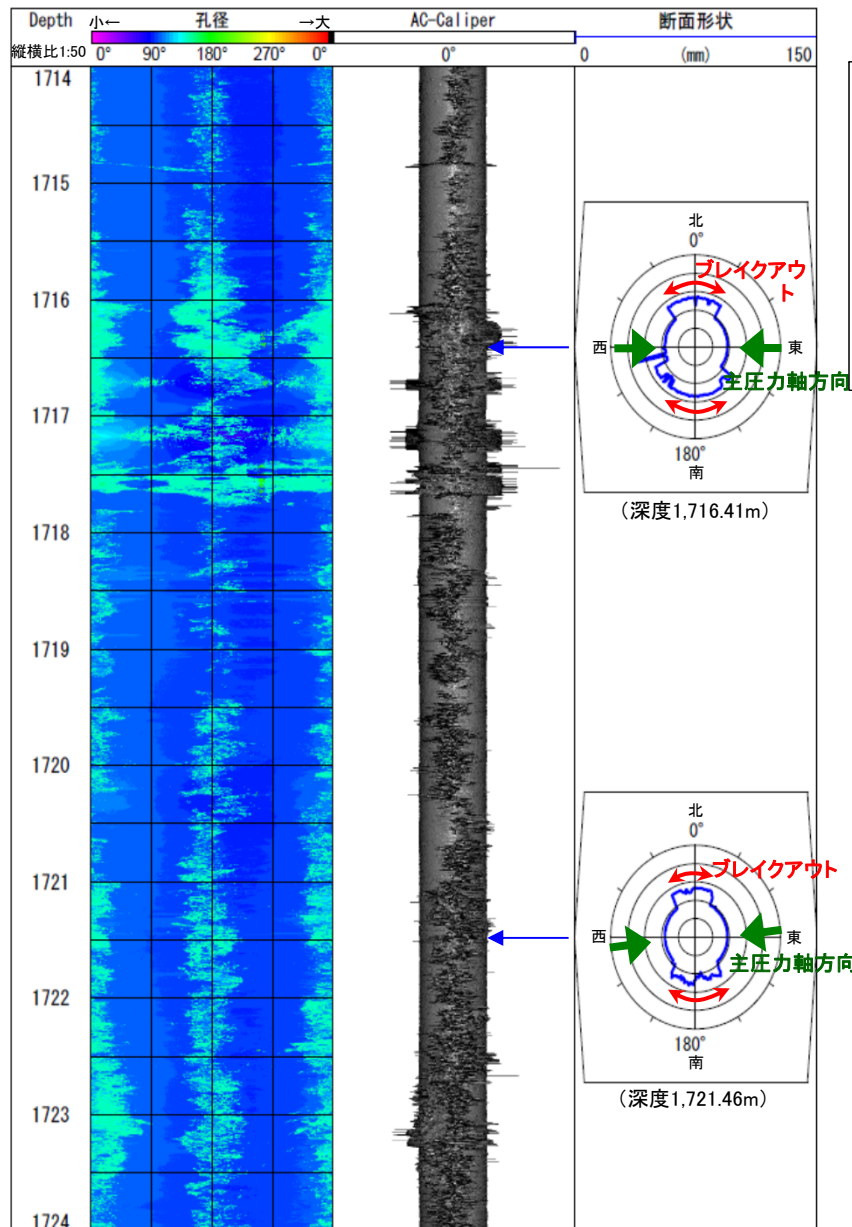


○四国中東部および中国地方における内陸地殻内地震には横ずれ型のメカニズム解が多く見られ、最大主応力はほぼ東西方向と考えられる。敷地周辺では内陸地殻内地震が少ないものの、伊予灘北方や宇和海南方のメカニズム解は東西圧縮の横ずれ型である。

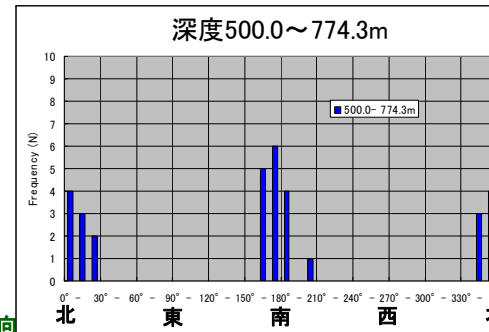
○一方、大分県北部における内陸地殻内地震のメカニズム解は、ほとんどが南北伸張の正断層型である。敷地周辺の応力場は**東西圧縮の横ずれ型**で、南北伸長の正断層型の応力場への遷移域に位置する。

敷地の応力場

伊方発電所立地地点の地域性

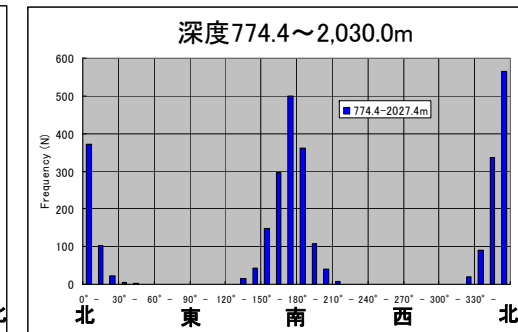


＜H23.3.11地震前のブレイクアウト方位＞



(H23.2.2～H23.3.11コアリング)

＜H23.3.11地震後のブレイクアウト方位＞



(H23.3.12～H24.1.15コアリング)

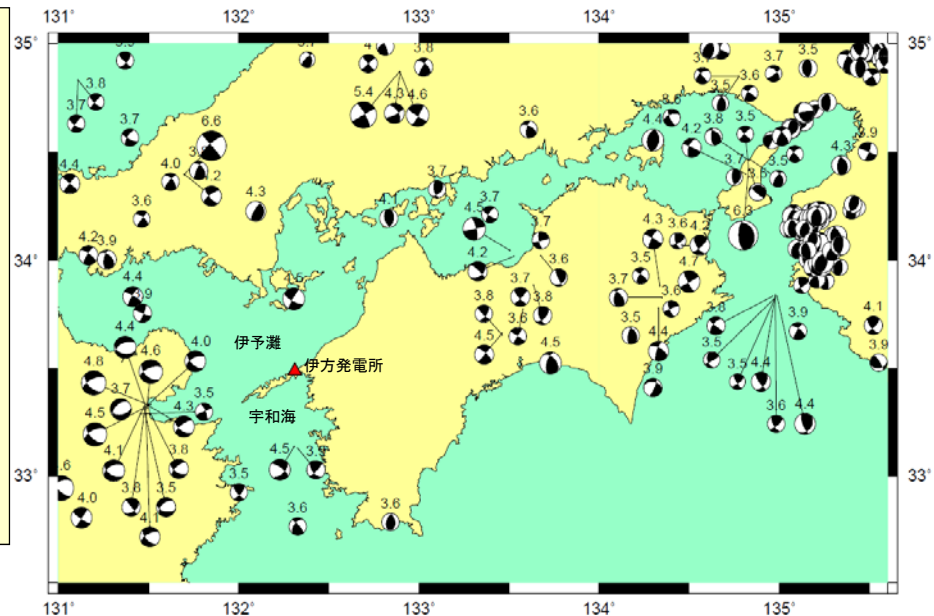
○敷地内における深部ボーリング調査のコアリングに伴って発生するブレイクアウト方位を分析したところ、東北地方太平洋沖地震の前後で顕著な変化は認められない。また、伊方発電所地点における応力場は、周辺の広域応力場と同じく**東西圧縮** (N85° E) と評価される。

『ベルナル・アマデイ、オーヴ・ステファンソン著、石田 毅監修、船戸明雄翻訳代表、2012、岩盤応力とその測定。』から抜粋

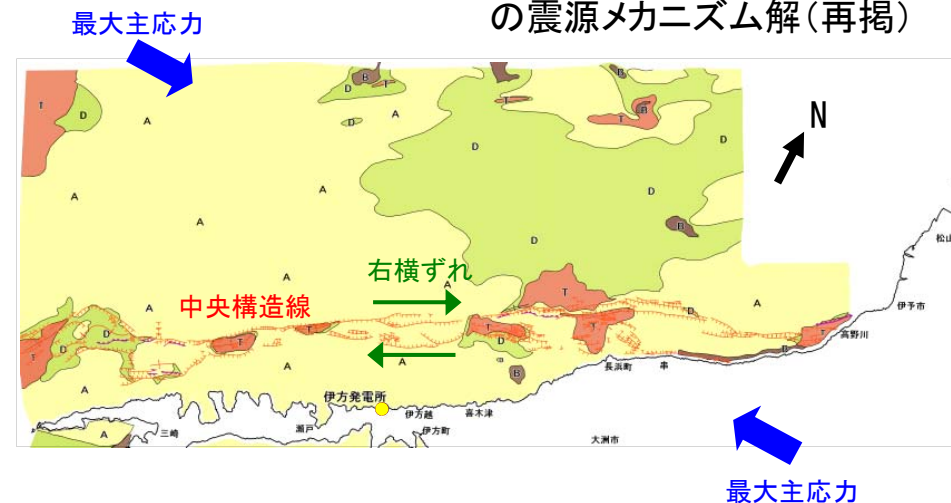
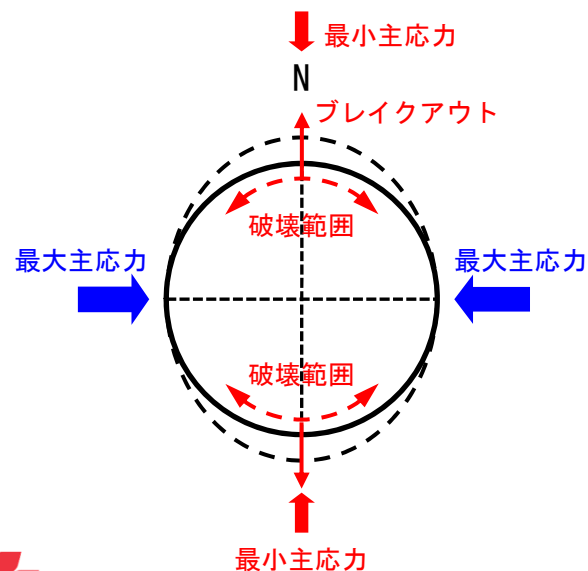
ボアホールやトンネルおよび立坑のような円形空洞の回りの岩は、掘削に伴って集中する圧縮応力を支えることができないことがある。岩の破壊によって直径の両端が大きくなる現象を「ブレイクアウト」(breakout)と呼ぶ。ブレイクアウトは原位置の最小主応力方向に発生するという経験則があり、それによってブレイクアウトから原位置の応力方位を知ることができる。

敷地の応力場と広域応力場の整合性

- 深部ボーリング調査に基づく最大主応力は東西方向 (N85° E) と評価され、伊方発電所の約8km北側に分布する中央構造線断層帯の走向がN57° Eで右横ずれが卓越することと整合的である。
- 伊方発電所周辺では内陸地殻内地震の活動が少ないものの、四国周辺の震源メカニズム解から東西圧縮横ずれの応力場で南北伸張への遷移域と推定され、伊方発電所における局所の応力場と整合的である。

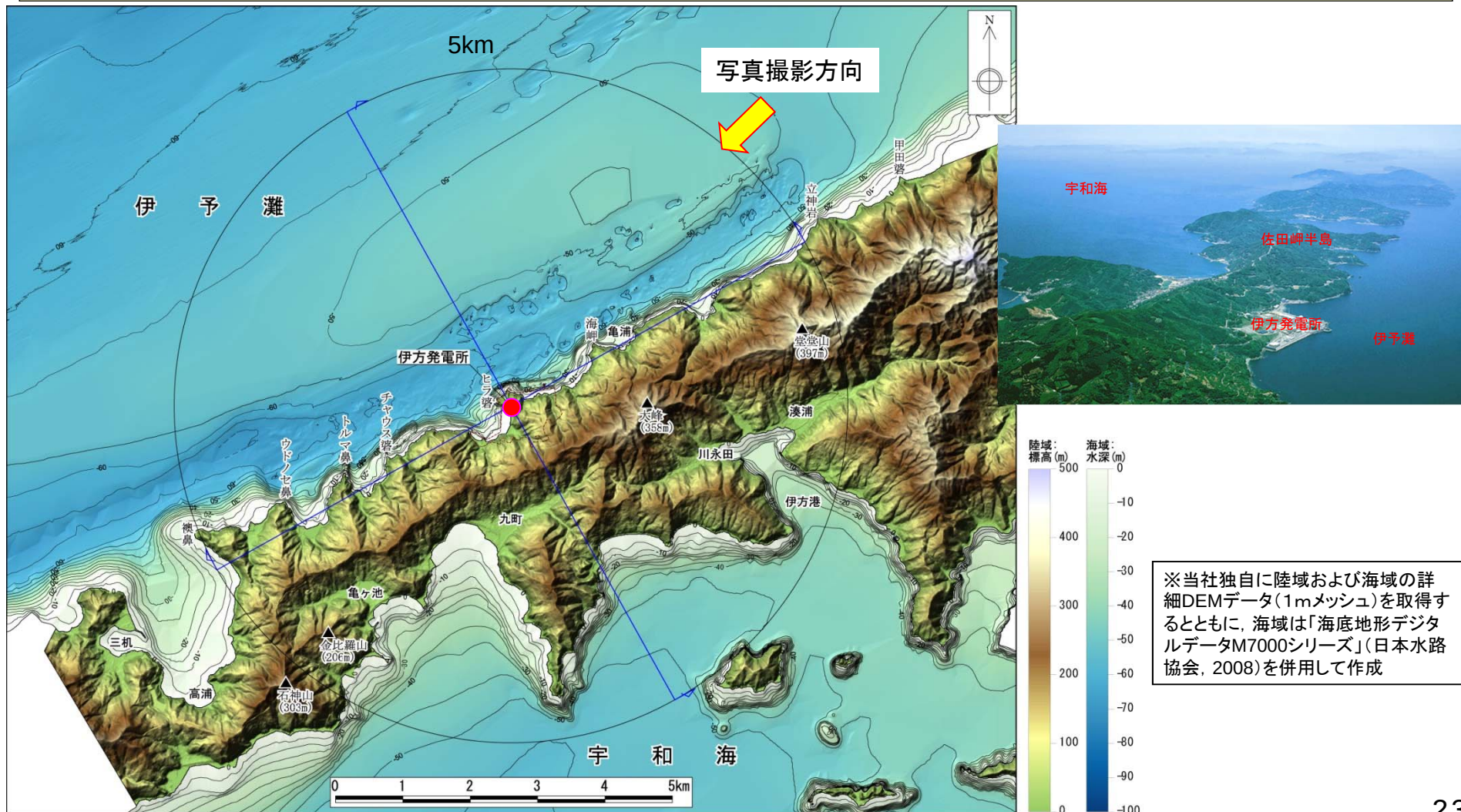


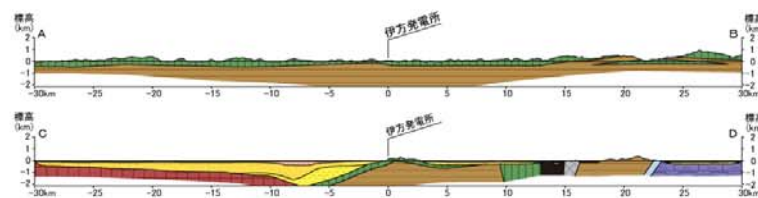
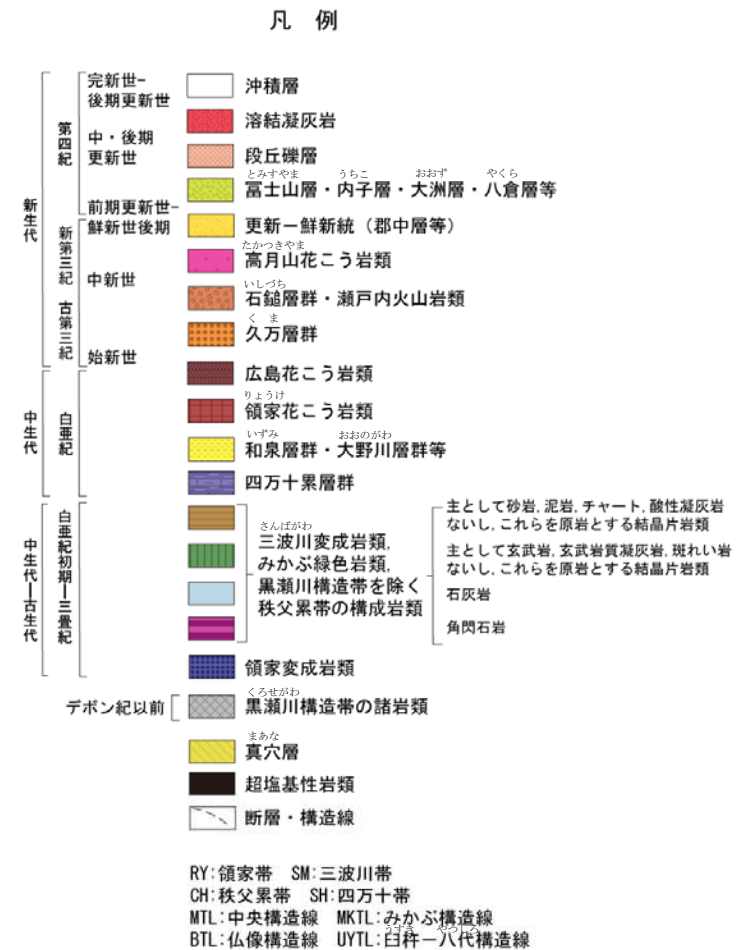
四国周辺の内陸地殻内地震の震源メカニズム解(再掲)



敷地近傍の地形

○伊方発電所の位置する佐田岬半島は、東北東－西南西方向に伸びる細長い半島であり、その海岸線は複雑に入り組んでいる。敷地近傍（半径5km）には、「活断層詳細デジタルマップ」、「[新編]日本の活断層一分布図と資料－」等の既存文献による変位地形・リニアメントの指摘はない。また、詳細DEMおよび空中写真による独自の地形判読によっても敷地近傍に変位地形・リニアメントは判読されない。したがって、「**孤立した長さの短い活断層**」は認められない。



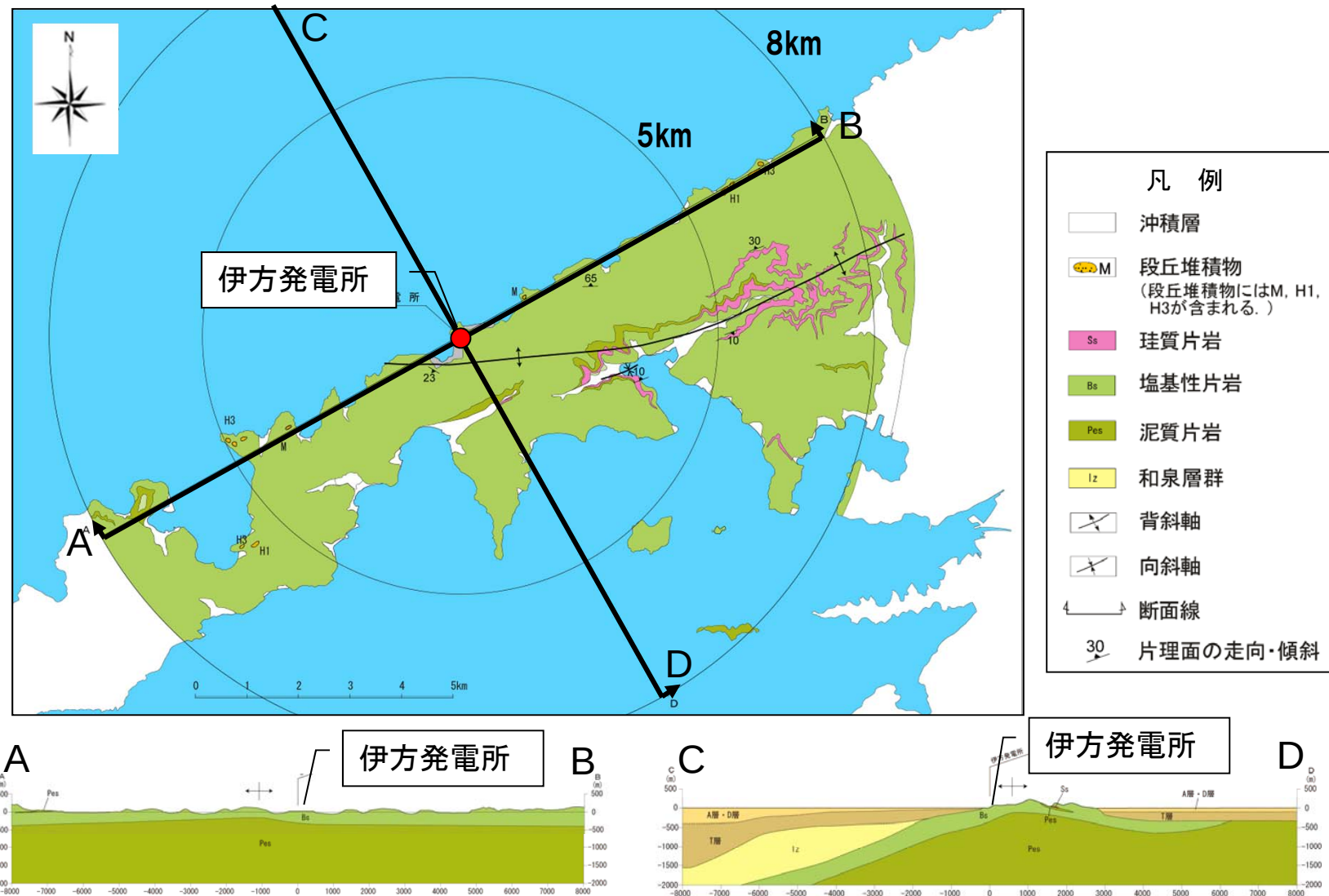


○敷地周辺の内帯には領家帯に属する地層，外帯には北から三波川帯，秩父累帯および四万十帯に属する地層が分布し，地質構造および地質境界断層は東北東－西南西方向である。

○敷地付近には三波川変成岩類が広く分布する。

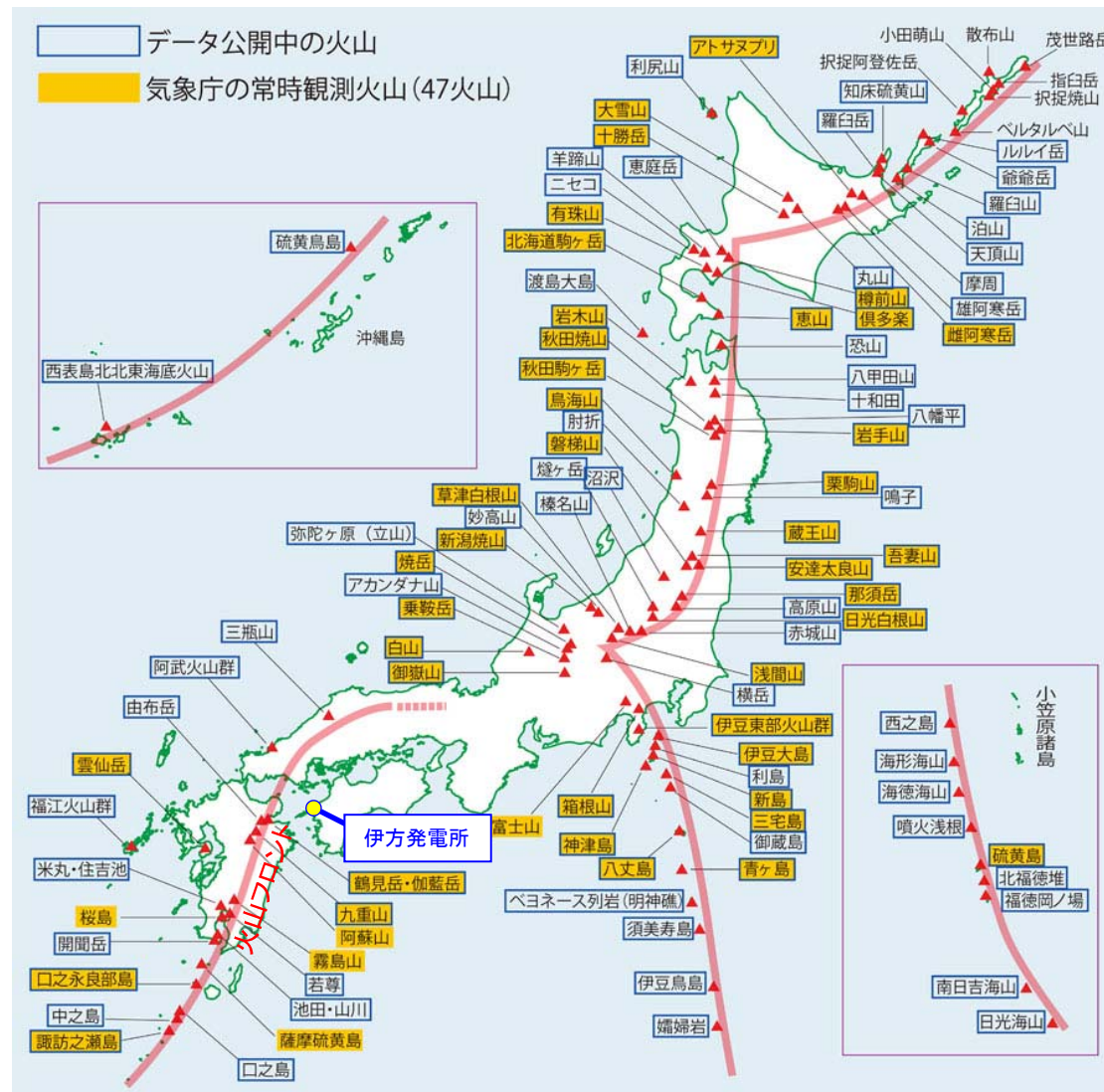
敷地近傍の地質

○敷地近傍には広く堅硬な塩基性片岩が分布し、敷地における深部ボーリング調査によって少なくとも深さ2 kmまで堅硬かつ緻密な結晶片岩が連続することを確認しており、審査ガイドにおける「上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域」ではない。また、敷地近傍に火山岩の貫入は認められない。



敷地と第四紀火山との位置関係(活火山分布図)

○伊方発電所は火山フロントから大きく南東に外れた位置にあり、**第四紀火山と離隔**がある。



地震地体構造区分(垣見ほか, 2003)

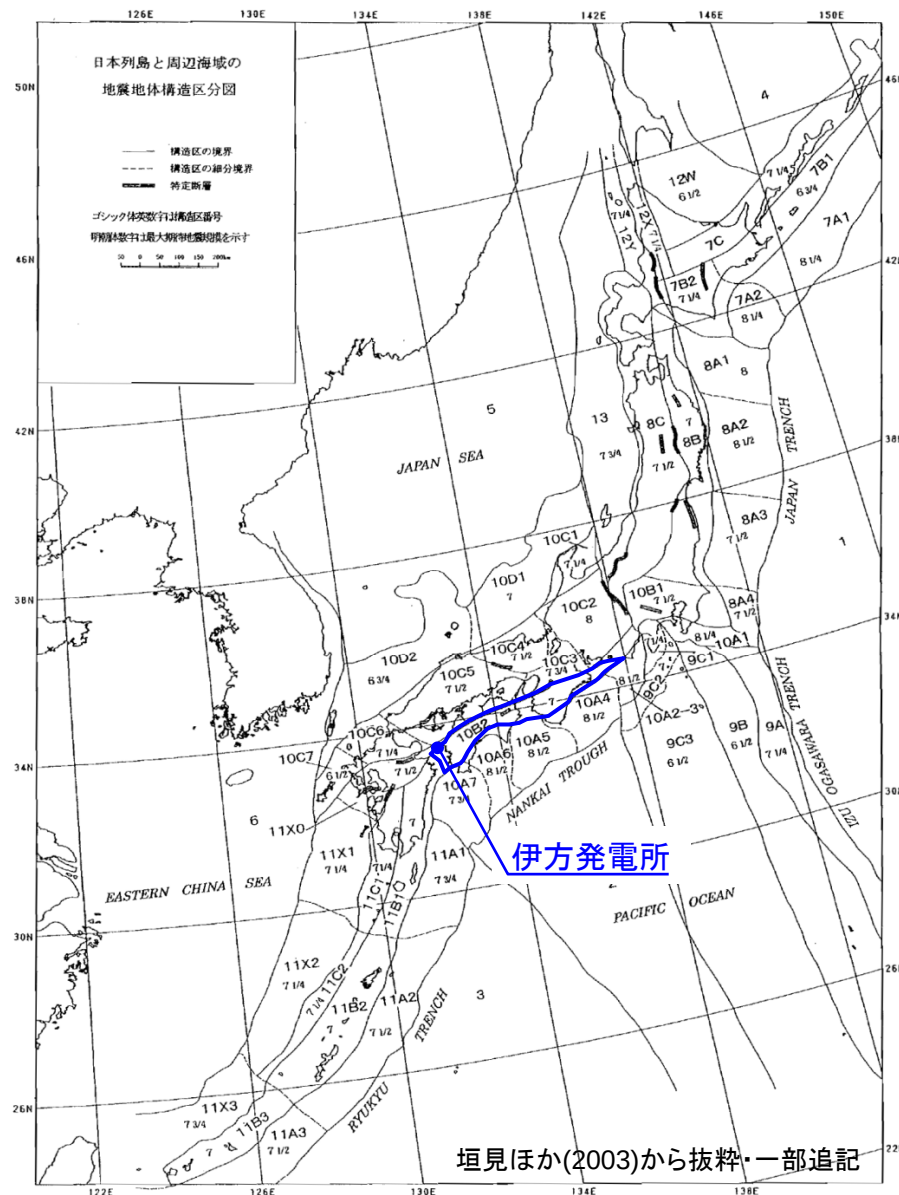


Fig. 1. Seismotectonic province map in and around the Japanese islands. Boldfaced sign is the symbol of province. Roman-type numeral represents the expected maximum earthquake magnitude (M_{max}) assigned to each province. Solid line: boundary between provinces. Broken line: boundary between subprovinces. Bar: the designated fault.

○垣見ほか(2003)によると,「中央構造線はそれ自体が活断層であるが, また活断層の多い内帯側と, きわめて少ない外帯側を分ける活断層フロントに位置していることから, 島弧を活断層フロントで内帯, 外帯に区分する」とされ, 中央構造線を構造区の中で例外的に長い特定断層の1つとして別途考慮することとしている。

○伊方発電所立地地点は「西南日本弧外帯」の北縁に位置する。

	伊方発電所 立地地点
(1) 構造区	10B2 西南日本弧外帯
(2) 地形・地質	外弧隆起帯, 安定域
(3) 活断層の密度・長さ・活動度・断層型 ほか特徴	極小, 短(中), C, 横・逆
(4) 浅発大・中地震活動	低

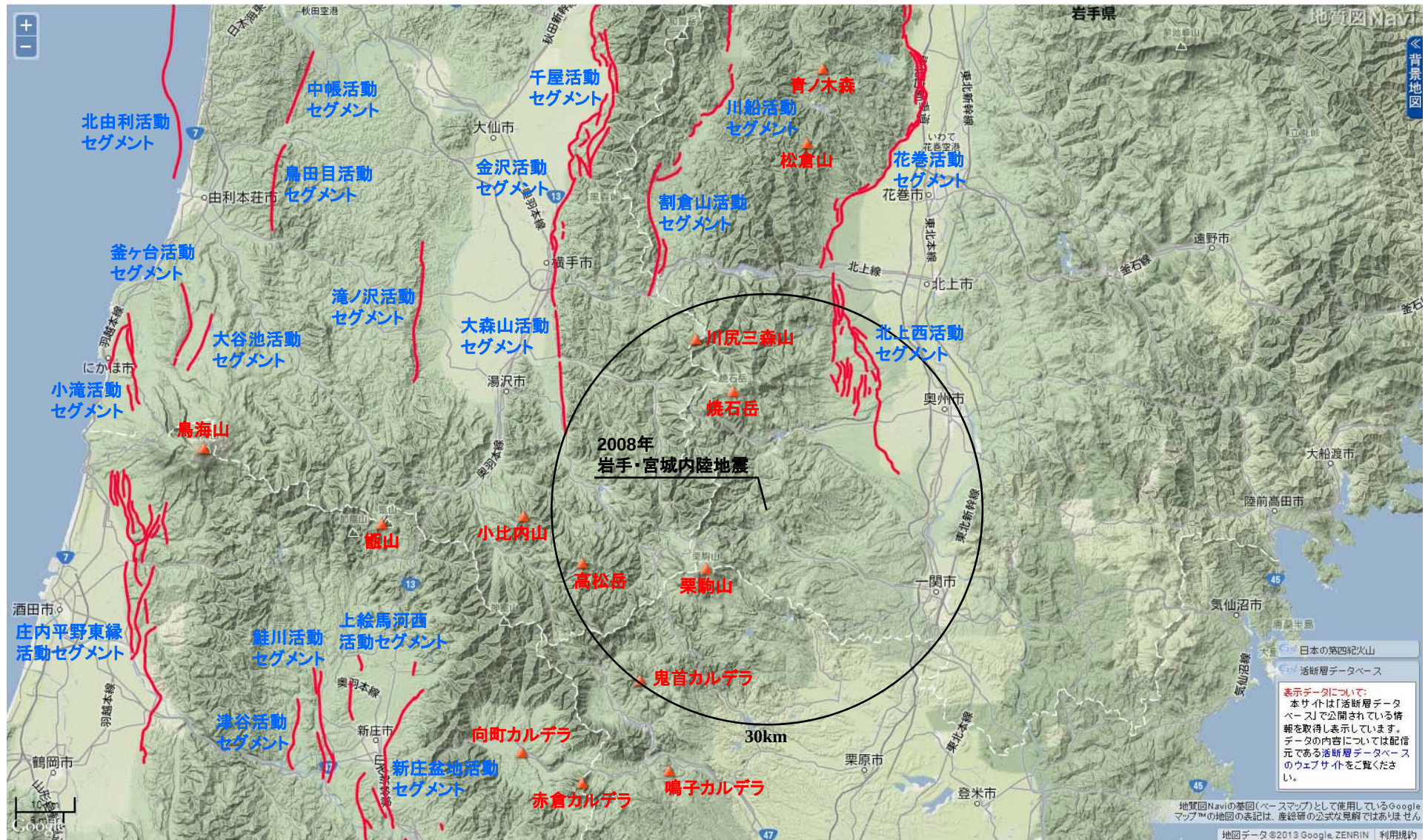
垣見ほか(2003)から抜粋

垣見俊弘, 松田時彦, 相田勇, 衣笠善博, 2003, 日本列島と周辺海域の地震地体構造区分, 地震2, 55, 389-406.

伊方発電所立地地点の地域性(まとめ)

項 目	伊方発電所立地地点の特徴	根拠となる文献・データ
微小地震の発生状況	極めて低調, 深さ~12kmで発生	気象庁一元化震源
応力場	東西圧縮の横ずれ型 (沖縄トラフの開きによる正断層型への遷移域)	Ikeda et al. (2009), 震源メカニズム解(F-net), 深部ボーリング調査のブレイクアウト方位, 中央構造線断層帯の走向と右横ずれ性状
変位地形・リニアメント	変位地形・リニアメントなし	活断層詳細デジタルマップ, [新編]日本の活断層, 活断層データベース, 海上音波探査結果, T層上面形状, 詳細DEMIによる地形判読結果, 空中写真判読結果
地質	堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続, 貫入岩なし	地表踏査結果, 深部ボーリング調査結果
第四紀火山との位置関係	火山フロントより前弧側で離隔あり	活火山分布図
地震地体構造区	西南日本弧外帯(北縁)	垣見(2003)

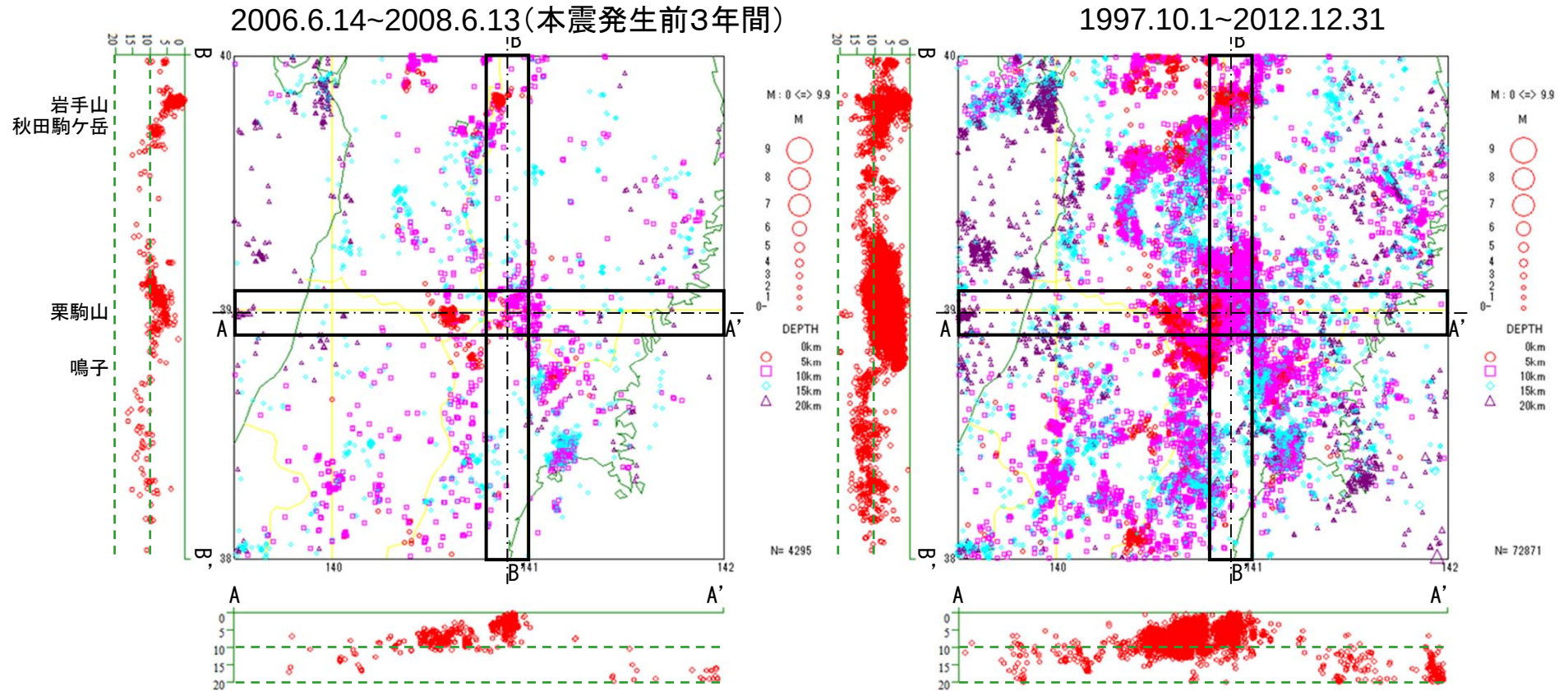
岩手・宮城内陸地震震源域の活断層分布



○震源域北方には南北走向の逆断層が多数発達し、**震源域は北上西活動セグメントの南方延長部に位置する。**

出典:産業技術総合研究所(2012) 活断層データベース 2012年2月28日版。産業技術総合研究所研究情報公開データベースDB095, 産業技術総合研究所。 https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html

岩手・宮城内陸地震震源域の微小地震発生状況

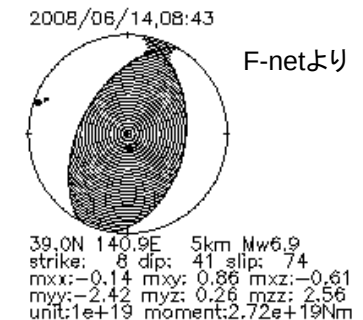


気象庁一元化震源

気象庁一元化震源

○震源域は火山性の地震が多く発生している地域であり、本震の発生前から深さ20km程度までの微小地震が非常に活発に発生している。

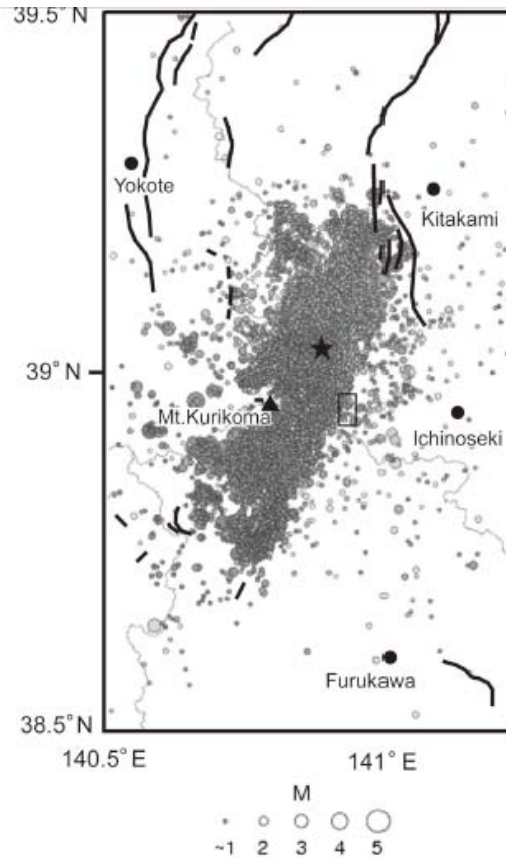
岩手・宮城内陸地震の本震は東西圧縮の逆断層型である。



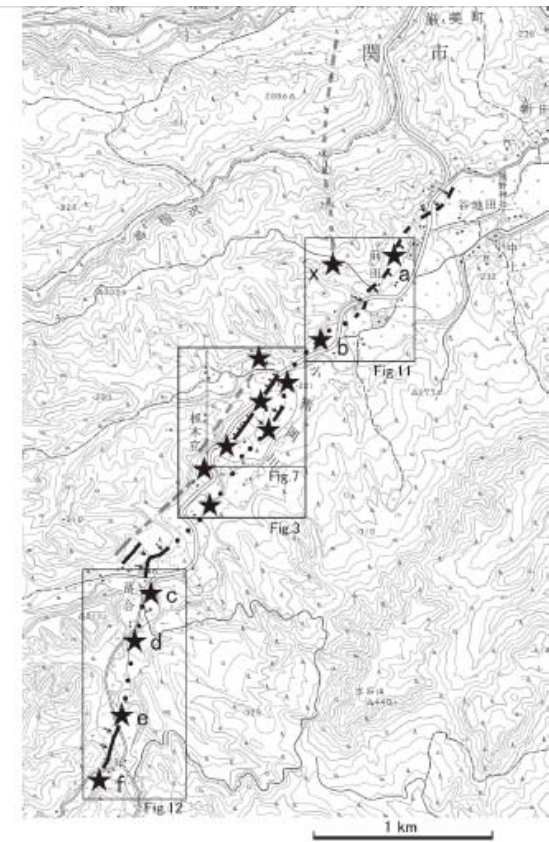
岩手・宮城内陸地震震源域の地形

鈴木ほか(2008)によって、震源域に「短いながらも明瞭な断層変位地形」が判読されており、「**孤立した長さの短い活断層**」が認められる。

鈴木ほか(2008)から抜粋
「**爪木立付近には短いながらも明瞭な断層変位地形があり、低位段丘礫層堆積期以降に複数回、比較的活発な活動を繰り返していることが明らかとなった。**」
「**岩手・宮城内陸地震の震源域に短くとも活断層が存在し、それが地震活動と密接な関係を有していることが明らかになったことは、地震発生の長期予測において極めて重要である。少なくとも活断層が全く存在しない地域におきたわけではなく、震源断層の活動と深く関わる活断層は存在している。**」



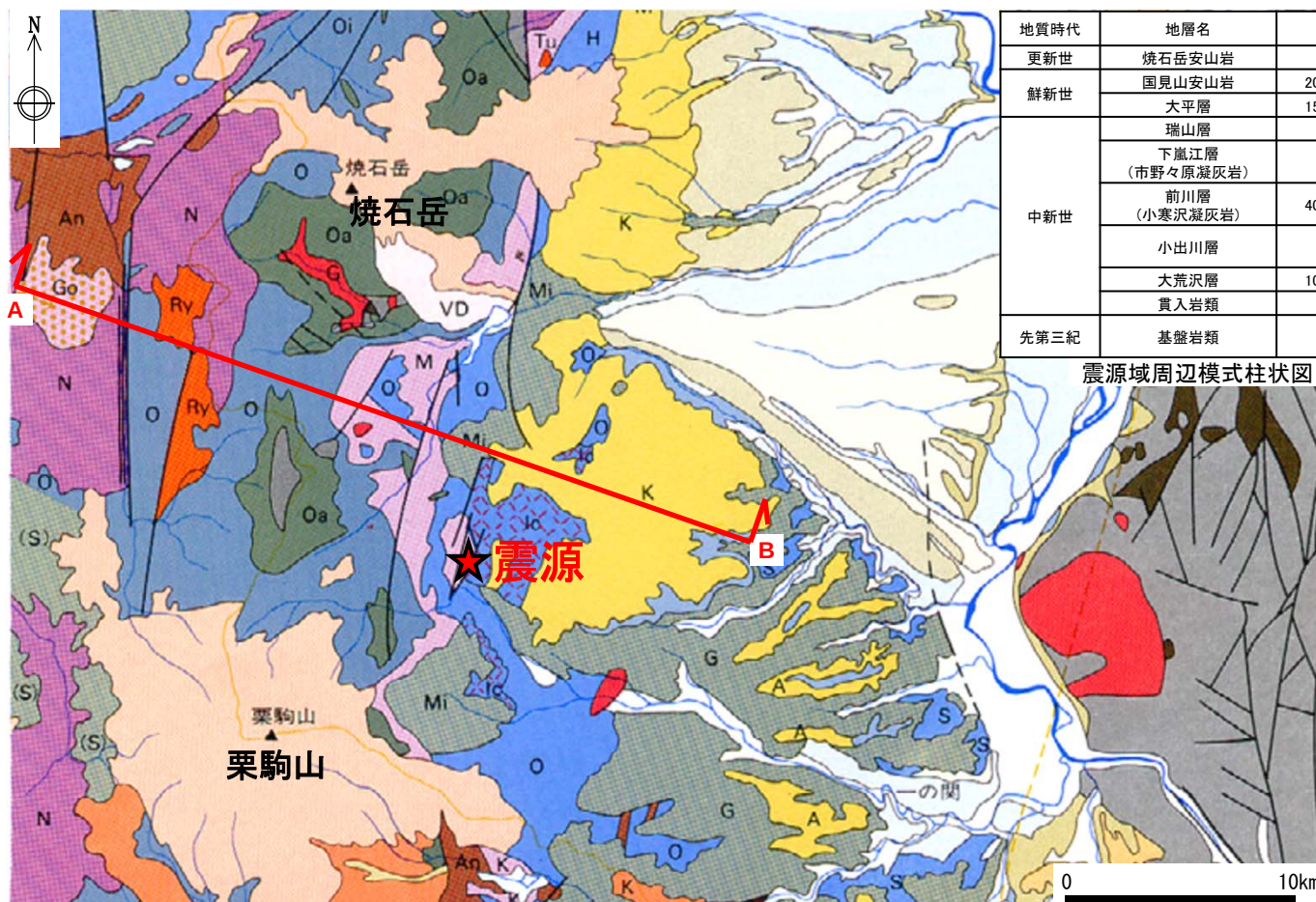
第1図 岩手・宮城内陸地震の本震・余震の震央と既知の活断層および本研究の調査地域
震央分布は防災科学技術研究所(2008a)による。観測期間は2008年6月14日～8月19日。★：本震、太線：既知の活断層、細線：県境、本研究の調査範囲は小さい四角の範囲。



第2図 岩手・宮城内陸地震震源域付近の活断層と地表変位位置図
黒およびグレーの線は推定活断層、黒は確実度が高い、実線：位置明瞭、破線：位置不明瞭、点線：地震前には変位地形が残存していなかった伏在部、★：主な地表変位確認地点、基図として国土地理院2.5万分の1地形図「本寺」図幅の一部を使用。

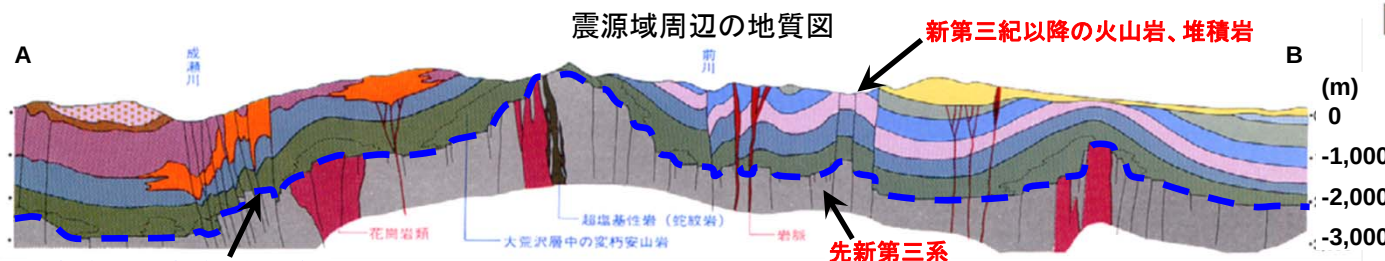
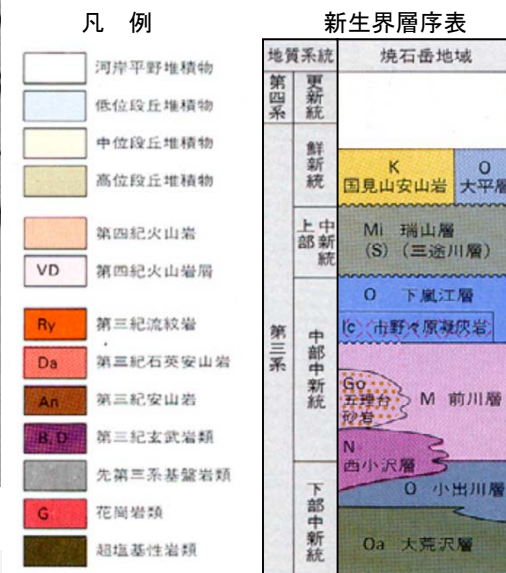
岩手・宮城内陸地震震源域の地質

岩手・宮城内陸地震震源域の地域性



地質時代	地層名	層厚	岩種
更新世	焼石岳安山岩	— m	輝石安山岩
鮮新世	国見山安山岩	200～400m	安山岩溶岩・同質火砕岩
	大平層	150～400m	砂岩・礫岩・凝灰岩・凝灰質シルト岩
中新世	瑞山層	300m	溶結した火砕流堆積物(下部に湖成～沼沢地成層)
	下嵐江層 (市野々原凝灰岩)	400m	凝灰質砂岩・凝灰角礫岩・頁岩 (酸性凝灰角礫岩)
	前川層 (小寒沢凝灰岩)	400～450m	砂質シルト岩・頁岩・細粒砂岩 (酸性安山岩質凝灰岩)
	小出川層	500m	砂質凝灰岩 玄武岩質安山岩～流紋岩質火山岩・同質火砕岩・砂岩・泥岩
	大荒沢層	100～800m	安山岩溶岩(変朽安山岩), 同質火砕岩
先第三紀	貫入岩類	— m	石英斑岩・輝石安山岩
	基盤岩類	— m	花崗閃緑岩類・蛇紋岩・粘板岩・玢岩・輝緑凝灰岩・片岩・角閃片岩

震源域周辺模式柱状図 * 「日本の地質」(日本の地質東北地方編集委員会編, 1989)より作成



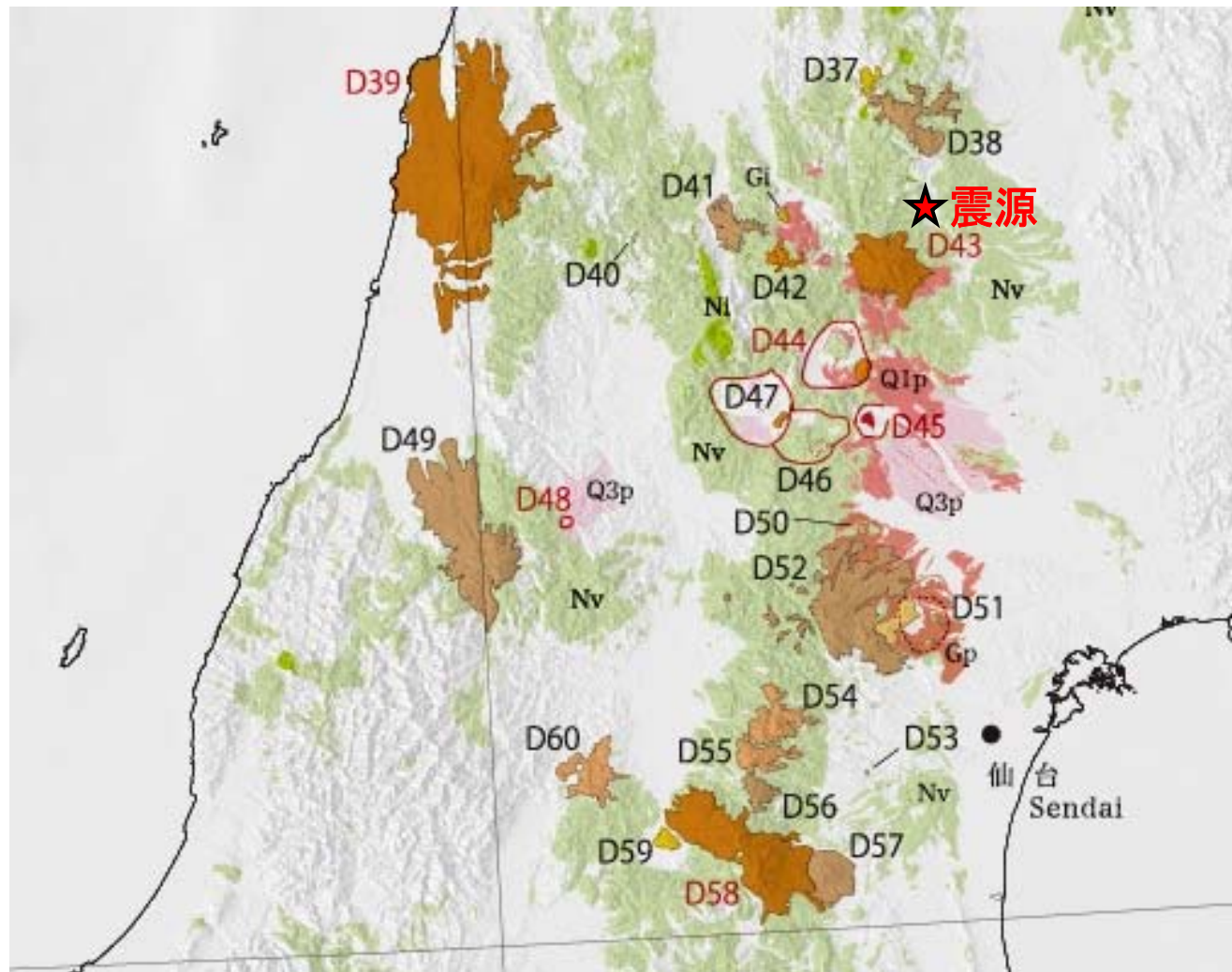
地質断面図 (南北幅数kmの範囲を投影)

震源域周辺には新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く分布し、「上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域」に該当する。

北村信(1986)東北地方の新第三系, アーバンクボタ, No25, 特集「酸性硫酸塩土壌」に一部加筆

岩手・宮城内陸地震震源域の第四紀火山

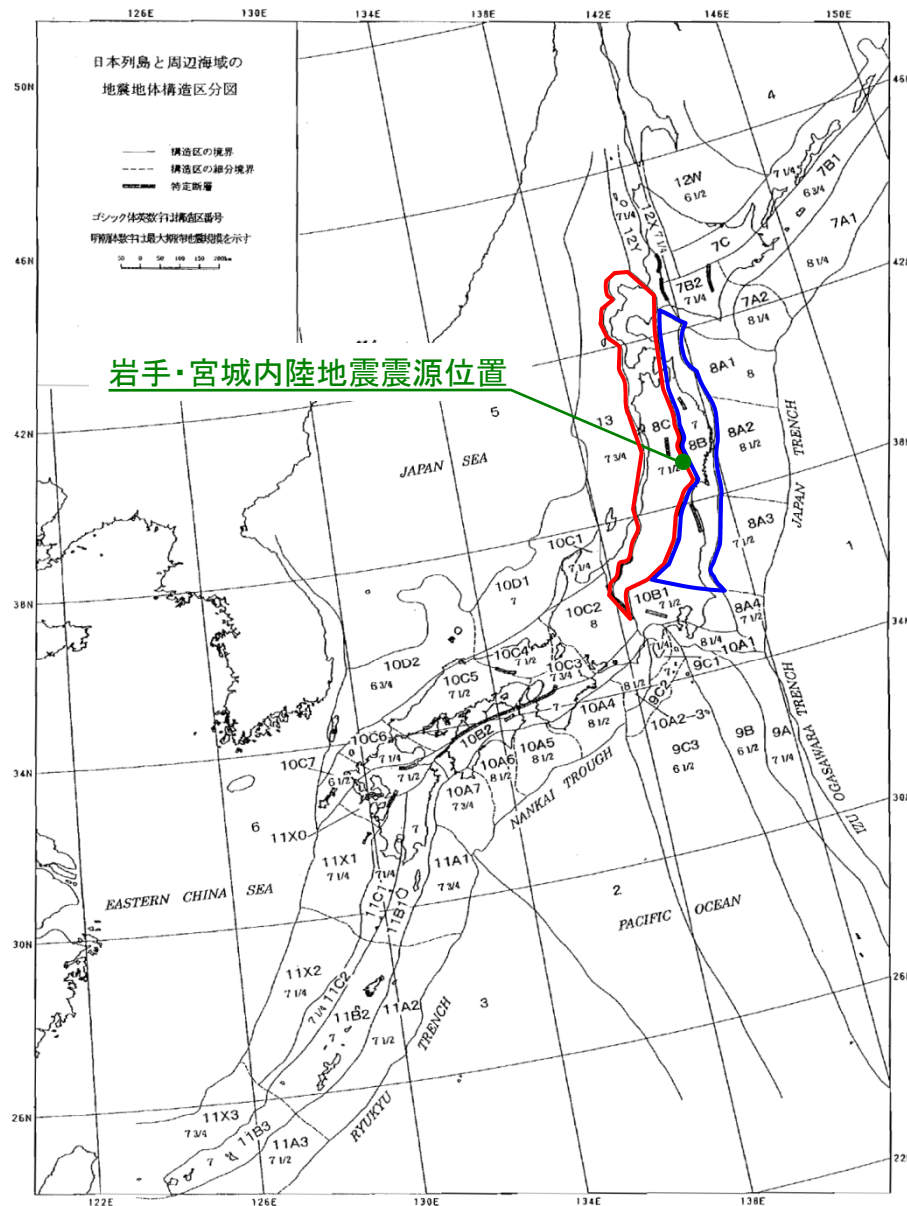
震源域は火山フロント付近で多数の**第四紀火山と近接**し、新第三紀以降の火山岩類が広く分布する。



- D37:川尻三森山
- D38:焼石岳
- D39:鳥海山
- D40:甕山
- D41:小比内山
- D42:高松岳
- D43:栗駒山
- D44:鬼首カルデラ
- D45:鳴子カルデラ
- D46:赤倉カルデラ
- D47:向町カルデラ
- D48:肘折カルデラ
- D49:月山
- D50:葉葉山
- D51:七ツ森カルデラ
- D52:船形山
- D53:安達
- D54:大東岳
- D55:神室岳
- D56:雁戸山
- D57:青麻山
- D58:蔵王山
- D59:三吉・葉山
- D60:白鷹山

出典:産業技術総合研究所地質調査総合センター, 第四紀の火山.
https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/Japan_retto/map4.html

岩手・宮城内陸地震震源域の地震地体構造区分



○岩手・宮城内陸地震震源域は垣見ほか(2003)の地震地体構造区分において下表に示す**東北日本弧外帯**と**東北日本弧内帯**の境界に位置する。

(1) 構造区	8B 東北日本弧外帯	8C 東北日本弧内帯
(2) 地形・地質	外弧隆起帯, 安定域	火山性内弧, 隆起優勢, 脊梁山地・出羽丘陵の火山帯(隆起帯)とその間の盆地列(沈降帯), 島弧方向の逆断層~褶曲発達
(3) 活断層の密度・長さ・活動度・断層型ほか特徴	極小, 短(長), C, 逆・横	中, 中, B, 逆島弧と平行, 隆起帯基部に発達
(4) 浅発大・中地震活動	低	高 東西圧縮逆断層型

垣見ほか(2003)から抜粋

Fig. 1. Seismotectonic province map in and around the Japanese islands. Boldfaced sign is the symbol of province. Roman-type numeral represents the expected maximum earthquake magnitude (M_{max}) assigned to each province. Solid line: boundary between provinces. Broken line: boundary between subprovinces. Bar: the designated fault.

垣見俊弘, 松田時彦, 相田勇, 衣笠善博, 2003, 日本列島と周辺海域の地震地体構造区分, 地震2, 55, 389-406.

岩手・宮城内陸地震震源域の地域性(まとめ)

○岩手・宮城内陸地震震源域には「孤立した長さの短い活断層」が認められるとともに新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く「上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域」に該当する。

項 目	岩手・宮城内陸地震震源域の特徴	根拠となる文献・データ
微小地震の発生状況	非常に活発、深さ～20km程度で発生	気象庁一元化震源
応力場	東西圧縮の逆断層型	F-net
変位地形・リニアメント	孤立した長さの短い活断層あり	鈴木ほか(2008)
地質	新第三紀以降の 火山岩、堆積岩が厚く分布	北村(1986)
第四紀火山との位置関係	火山フロント付近で火山と近接	第四紀の火山
地震地体構造区	東北日本弧外帯と内帯の境界	垣見(2003)

伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域の地域差(総合評価)

項 目	伊方発電所立地地点	岩手・宮城内陸地震震源域
微小地震の発生状況	極めて低調, 深さ～12kmで発生	非常に活発, 深さ～20km程度で発生
応力場	東西圧縮の横ずれ型 (沖縄トラフの開きによる正断層型への遷移域)	東西圧縮の逆断層型
変位地形・リニアメント	変位地形・リニアメントなし	孤立した長さの短い活断層あり
地質	堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも 地下2kmまで連続, 貫入岩なし	新第三紀以降の 火山岩、堆積岩が厚く分布
第四紀火山との位置 関係	火山フロントより前弧側で離隔あり	火山フロント付近で火山と近接
地震地体構造区	伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており, 地震の起こり方も異なる。	

○伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域では, 微小地震の発生状況, 応力場, 地形・地質, 第四紀火山との位置関係などにおいて, 特徴が大きく異なる。特に, 審査ガイドに示された活断層や地表地震断層の出現要因の可能性としての軟岩・火山岩・堆積層の厚さの観点から, 堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2 kmまで連続する伊方発電所立地地点と新第三紀以降の火山岩, 堆積岩が厚く分布する岩手・宮城内陸地震震源域とでは**地域差が顕著**である。

○伊方発電所立地地点と岩手・宮城内陸地震震源域とは地震地体構造が異なるとされており, 地震の起こり方も異なる。したがって, **伊方発電所立地地点では岩手・宮城内陸地震と類似する地震は起こらないと評価される。**

→審査ガイドに従い, 岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象外とする。

コメント⑤

地すべり津波で想定する地すべり規模の不確かさについて

平成26年3月20日
愛媛県原子力安全専門部会

山体崩壊については、あまり知見がないため、原子力発電所の安全性を考えるという観点から、確からしい地すべり量に対して不確かさを考慮する必要があるのでは。

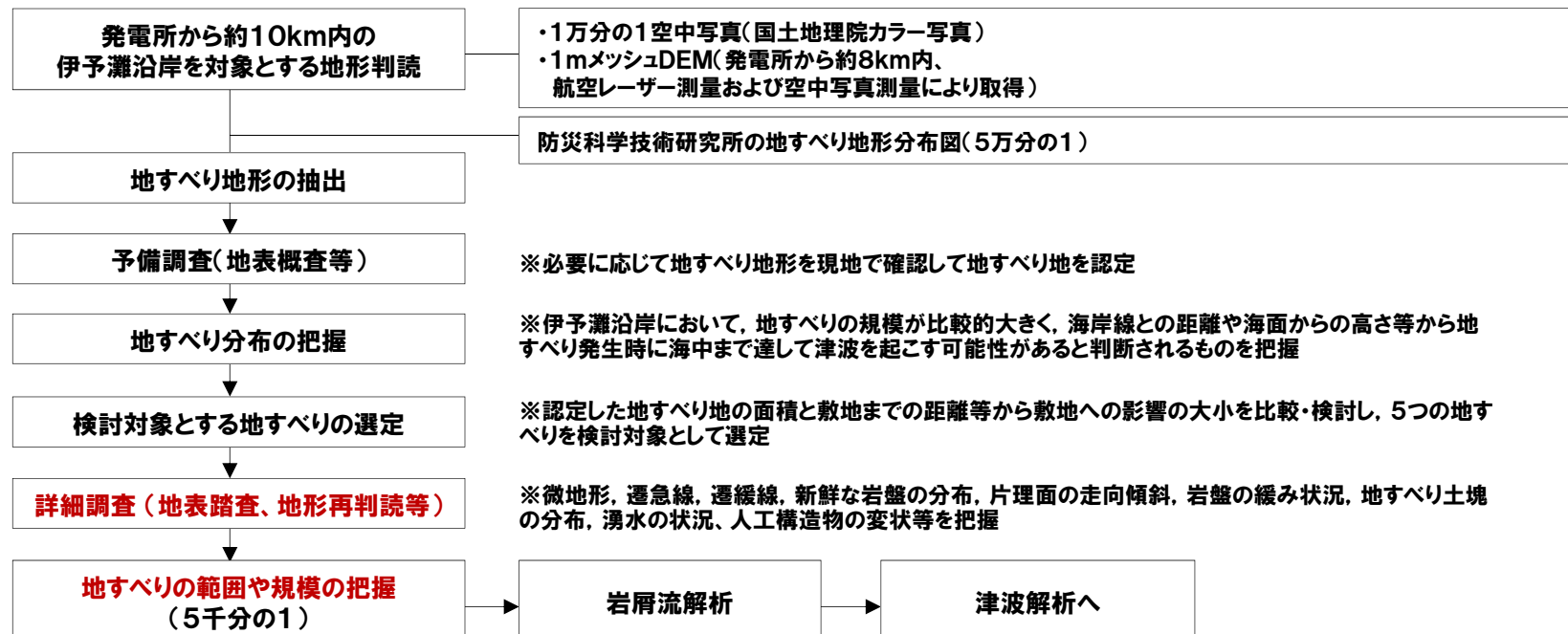
(1) 国の審査の経緯

平成25年8月21日原子力規制委員会審査会合資料1-3

- 敷地周辺において地震地すべりが発生して敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は極めて低いと評価される。
- 大規模な降雨地すべりが発生して敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は低く、降雨地すべりに伴う津波についても基本的には問題ないと考えられる。

- 敷地周辺の伊予灘沿岸部に点在する地すべりは、**地震地すべりではなく**、古い時代に形成された**降雨地すべり**であり、**現在は安定している**と評価され、これまでに伊予灘沿岸部で地すべりによる津波が発生した事例もない。したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、沿岸部の自然斜面で降雨地すべりが発生して岩屑流(地すべり土塊)が海面に突入することで生じる津波の影響評価を行うこととする。

- 地すべり地の選定、範囲・規模の設定においては、以下のとおり**詳細調査(地表踏査・地形再判読等)**に基づいている。



(2) 不確かさの重畳

- 前提として、重畳津波の評価については、不確かさを基本モデルに複数考慮(重畳して考慮)したり、不確かさを考慮したパラメータスタディを行ったりするなど、①重畳津波の想定、及び②津波計算手法に関して、次のとおり保守性の積み上げが行われているものである。

① 地すべり津波の想定に関する保守性

○地すべり津波の想定に関する保守性

(詳細は平成25年8月21日審査会合資料1-3)

- ・敷地周辺の伊予灘沿岸部に点在する地すべりは、**地震地すべりではなく、古い時代に形成された降雨地すべりで現在は安定している**と評価され、これまでに伊予灘沿岸部で地すべりによる津波が発生した事例もない。したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の**更なる安全性向上を図る観点**から、沿岸部の自然斜面で降雨地すべりが発生して岩屑流(地すべり土塊)が海面に突入することで生じる津波の影響評価を行っているものである。

⇒ **地すべり津波の想定に関して保守性の積み上げ(不確かさの重畳)が行われている**

(2) 不確かさの重畳

② 津波計算手法に関する保守性

○地すべり計算の解析コードに関する保守性

- ・地すべり土塊を形成する土質材料は、塩基性片岩または風化した塩基性片岩などの**巨石や礫で構成されるものの**、審査ガイドにも記載のとおり、地すべり計算については評価方法が確立していないことから、火砕流等の流動性の高い挙動を対象として開発された解析コードにより計算していることから、**海域への突入量が保守的に評価されているものである。**

○津波計算の水平渦動粘性係数に関する保守性

- ・既往の指摘を踏まえ、**水平渦動粘性係数を $0\text{m}^2/\text{s}$ として評価しているが**、計算結果が示すように、極めて短周期の副振動的成分が解析上現れたことにより、振幅(水位変動量)が大きくなったものであり、津波というよりは波浪としてのふるまいに近い。したがって、津波の評価としては、水平渦動粘性係数を $0\text{m}^2/\text{s}$ で評価することにより水位変動量が**過大に評価されているものである。**

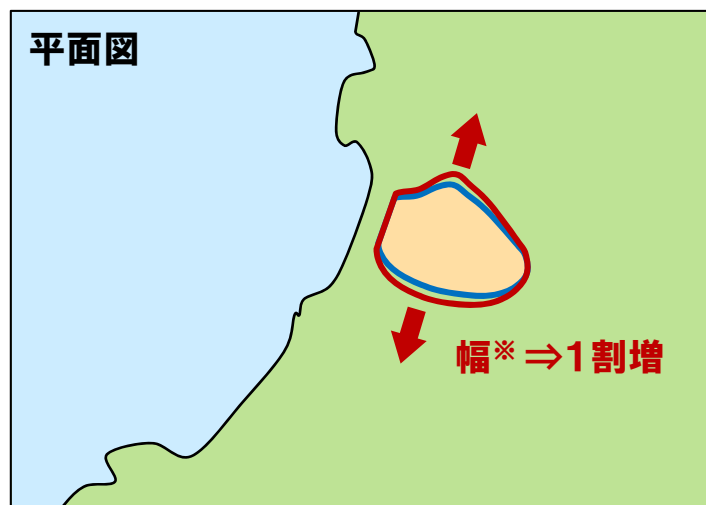
⇒ **津波計算手法に関して保守性の積み上げ(不確かさの重畳)が行われている**



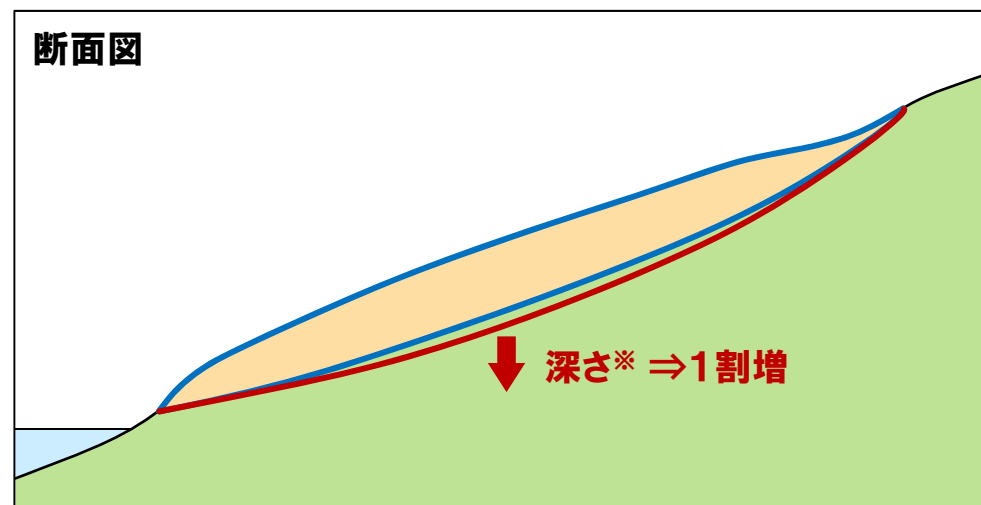
- ここでは、コメントの主旨を踏まえ、国に報告している地すべり規模の考え方にとらわれず、不確かさの更なる重畳を考慮した参考評価として、**地すべり規模を一定程度増加させた場合の地すべり津波計算を実施し、影響検討を行うこととする。**

(3) 検討方針

- 各々の地すべり地点の地すべり規模に関しては、前述のとおり地表踏査、地形再判読等により地すべりの範囲や規模を把握している。ここでは、仮に不確かさを考慮するとして、**地すべり土塊の幅**を1割増と仮定し、さらに**地すべり土塊の深さ**についても1割増と仮定することで、都合、**地すべり土塊の体積**として約2割増($\approx 1.1 \times 1.1$)させた地すべり津波を計算し、影響検討を行う。

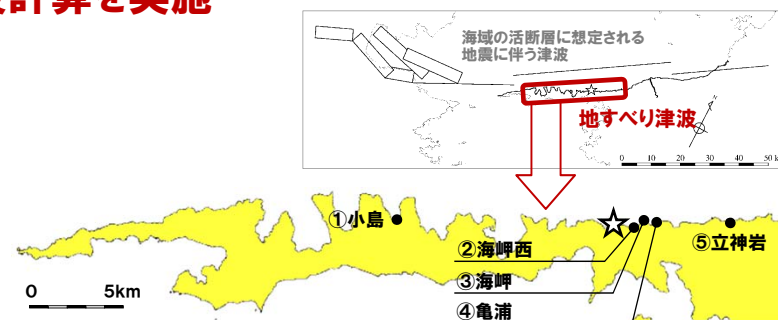


※地すべり地点によって異なるが、120～450m程度



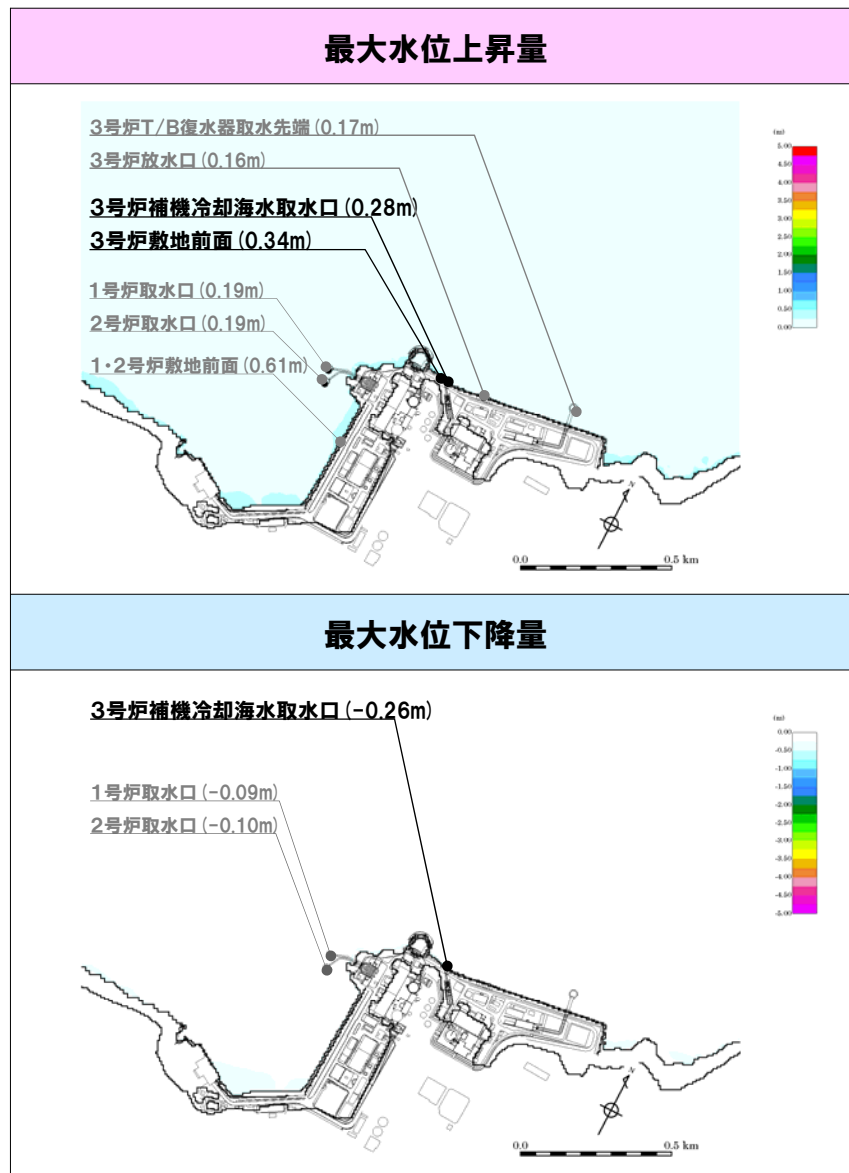
※地すべり地点によって異なるが、20～50m程度

地すべり土塊の体積を約2割増として、地すべり津波計算を実施

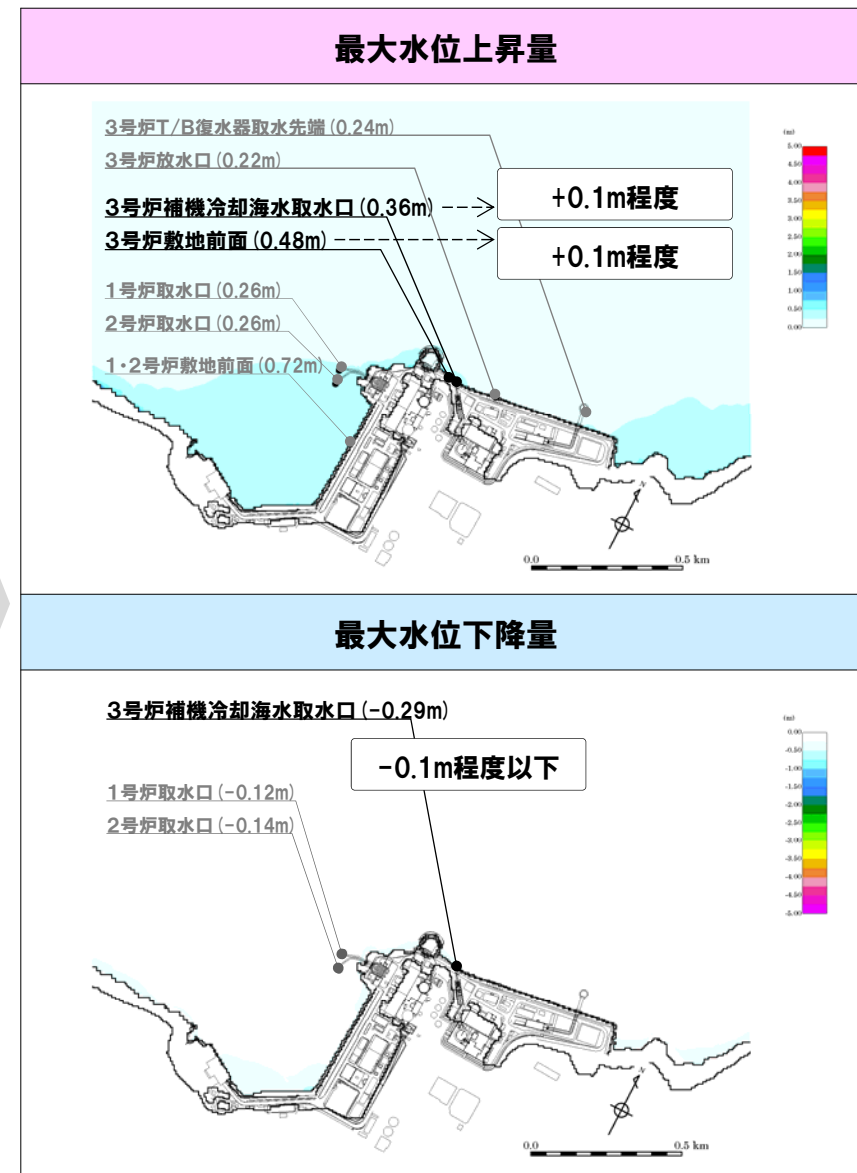


(4) 計算結果 … 地点①小島

【従前】



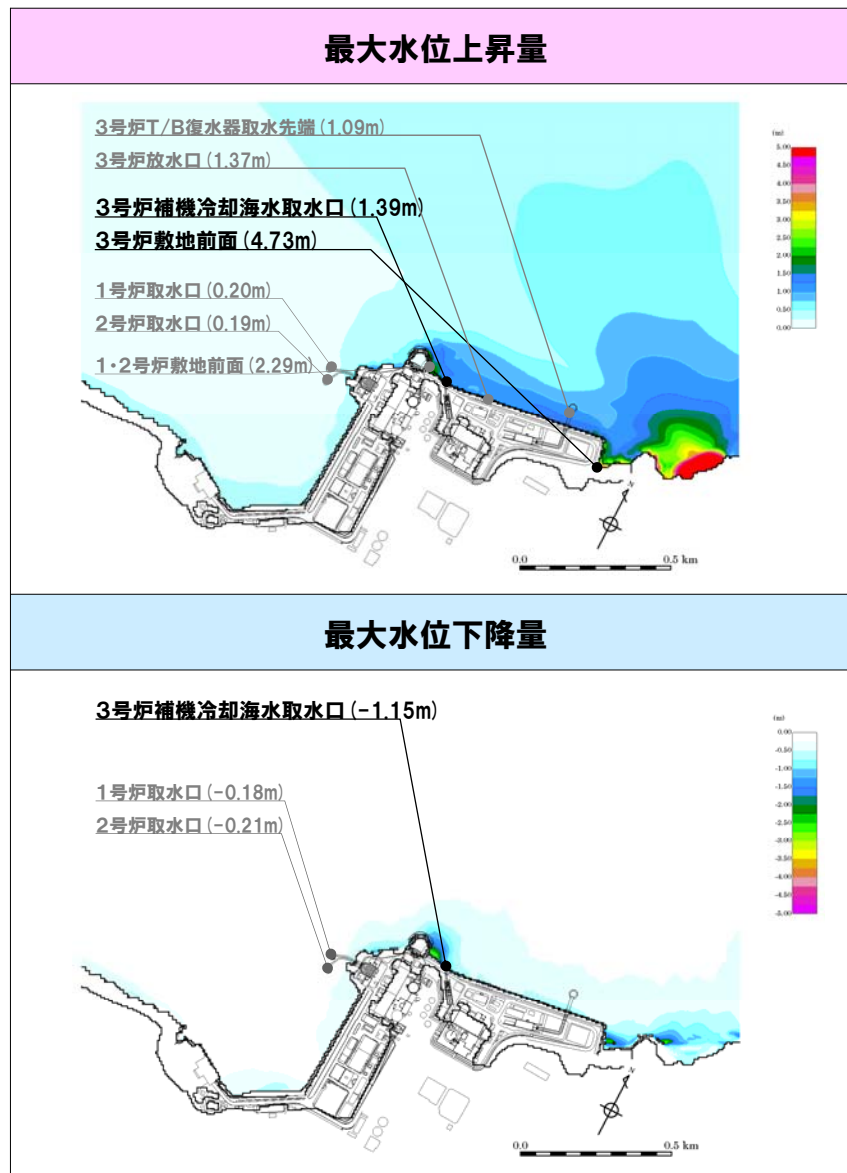
【今回:影響検討】



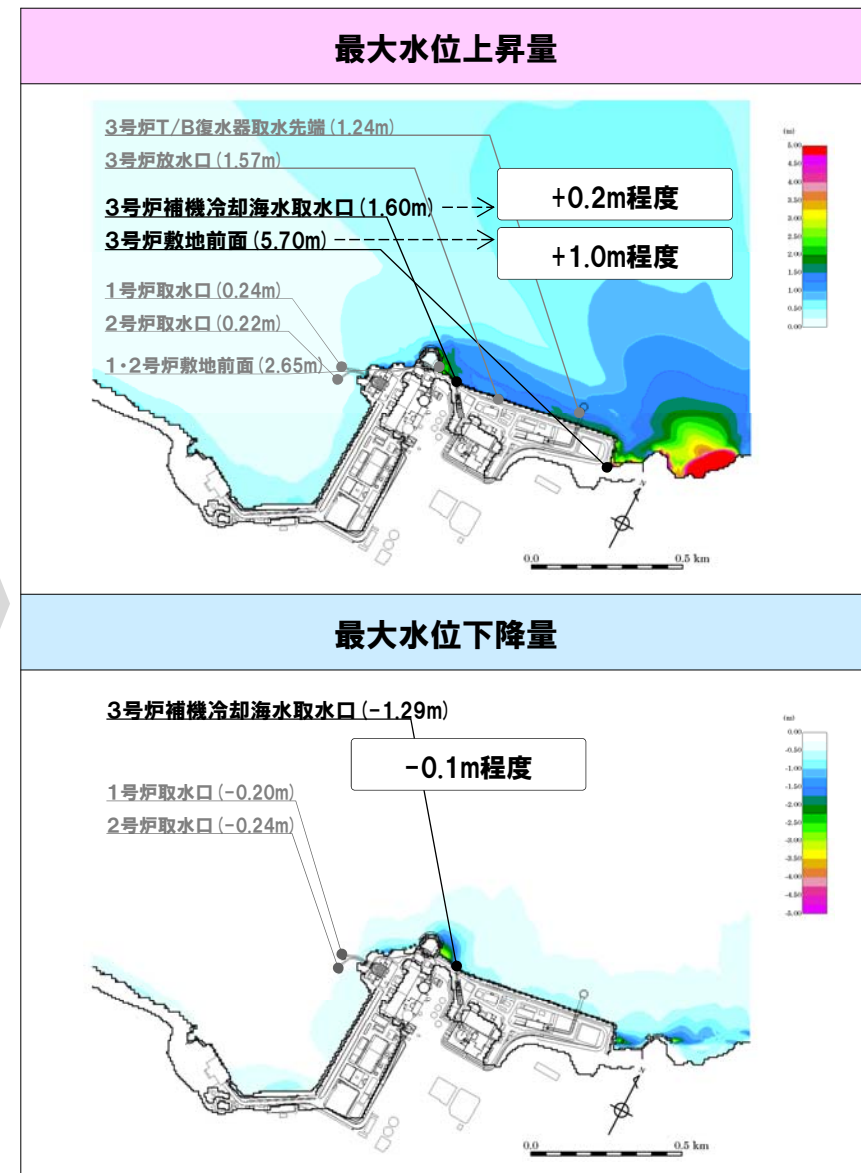
：3号炉敷地前面(上昇側)及び3号炉補機冷却海水取水口(下降側)における差分

(4) 計算結果 … 地点②海岬西

【従前】



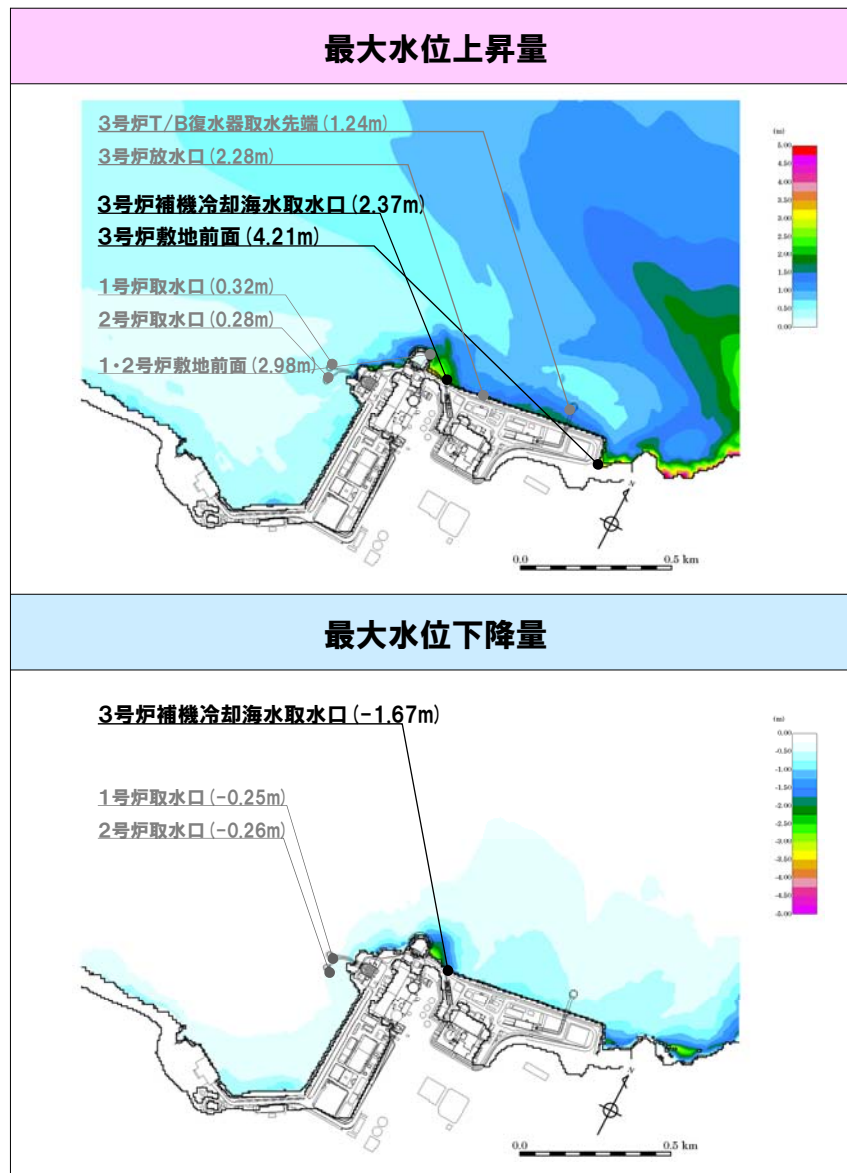
【今回:影響検討】



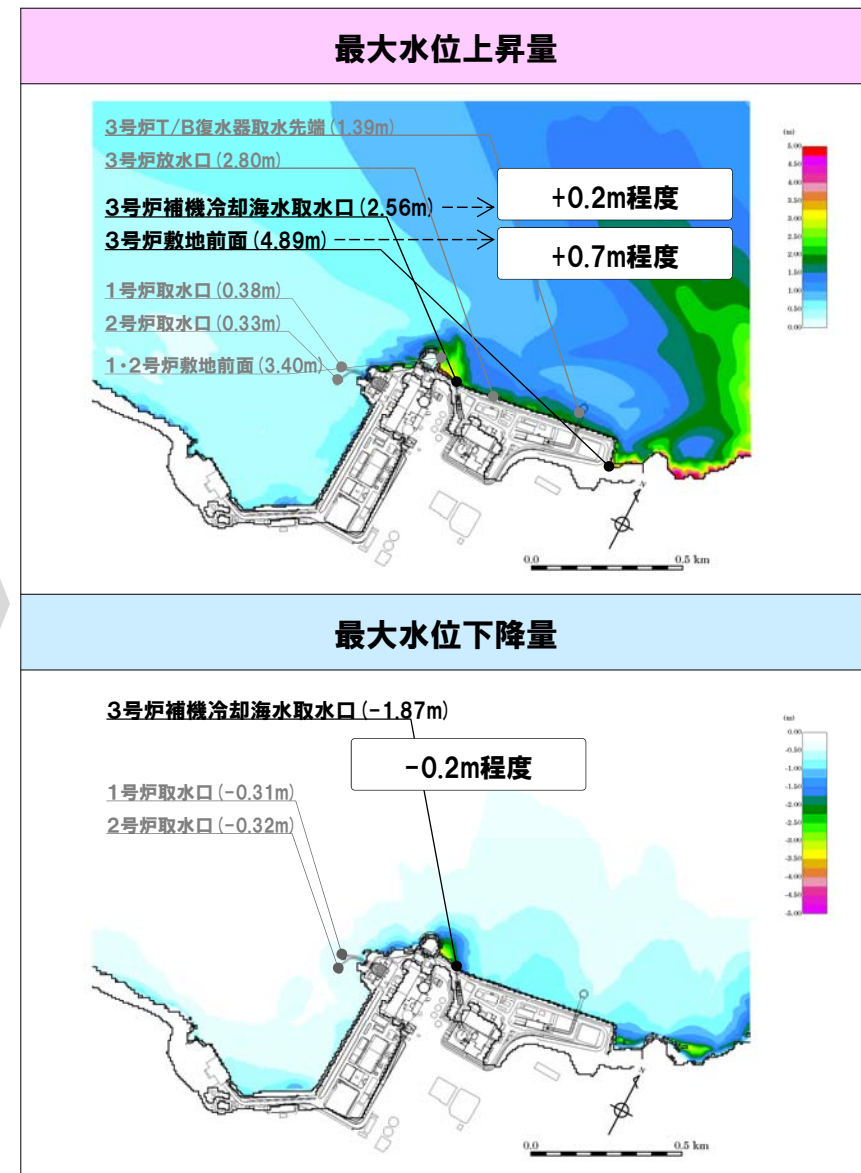
：3号炉敷地前面(上昇側)及び3号炉補機冷却海水取水口(下降側)における差分

(4) 計算結果 … 地点③海岬

【従前】



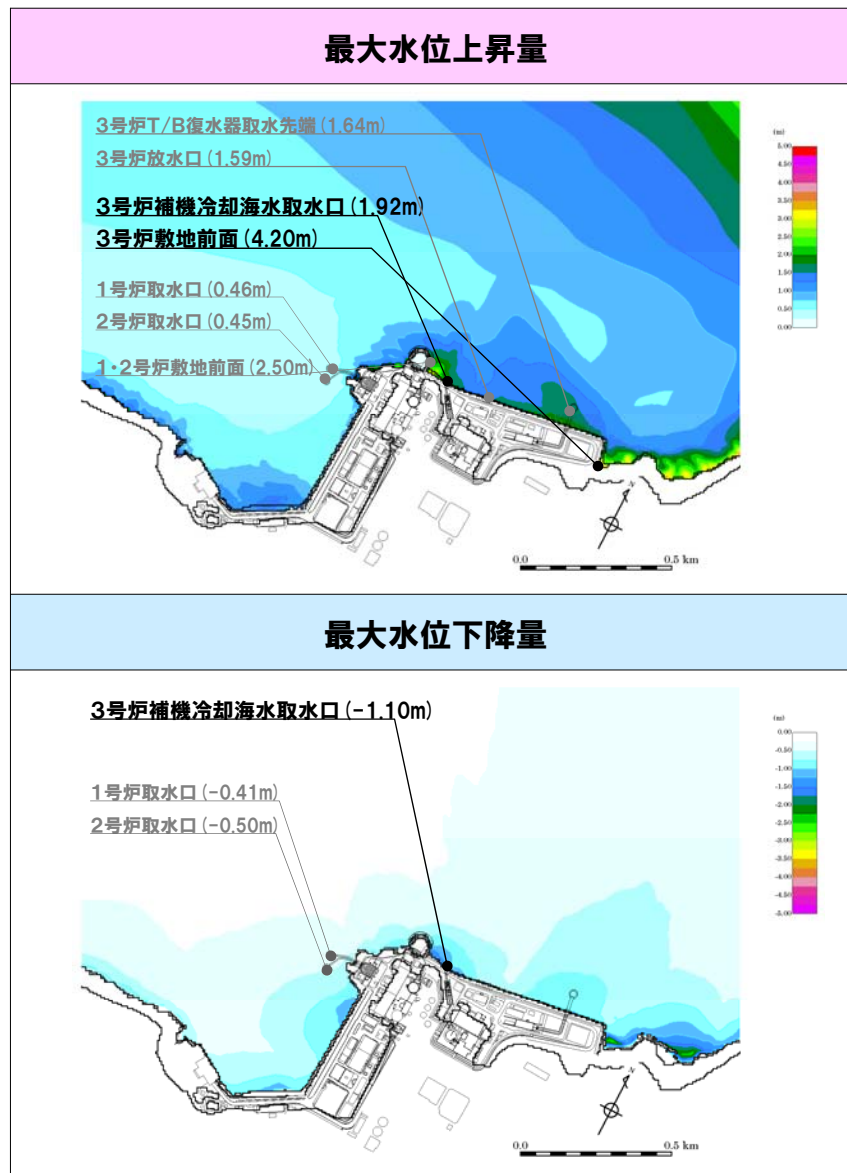
【今回:影響検討】



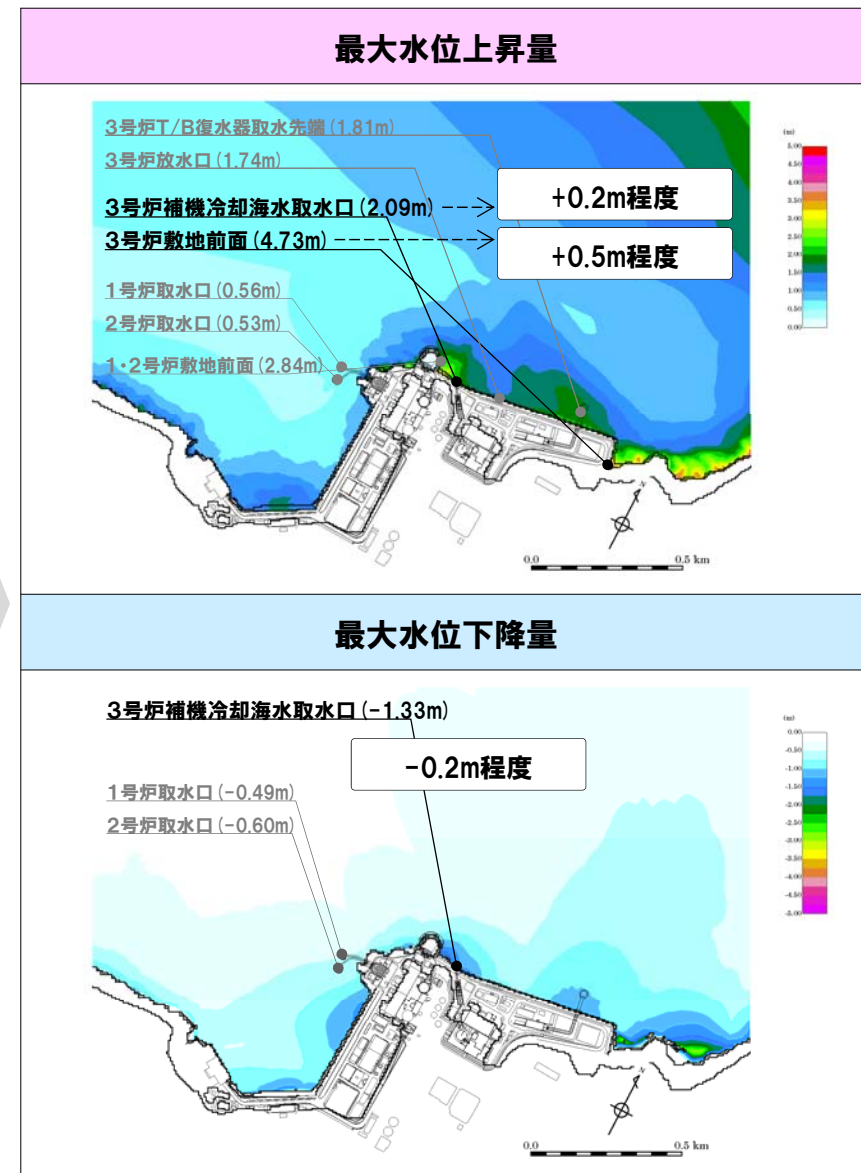
：3号炉敷地前面(上昇側)及び3号炉補機冷却海水取水口(下降側)における差分

(4) 計算結果 … 地点④亀浦

【従前】



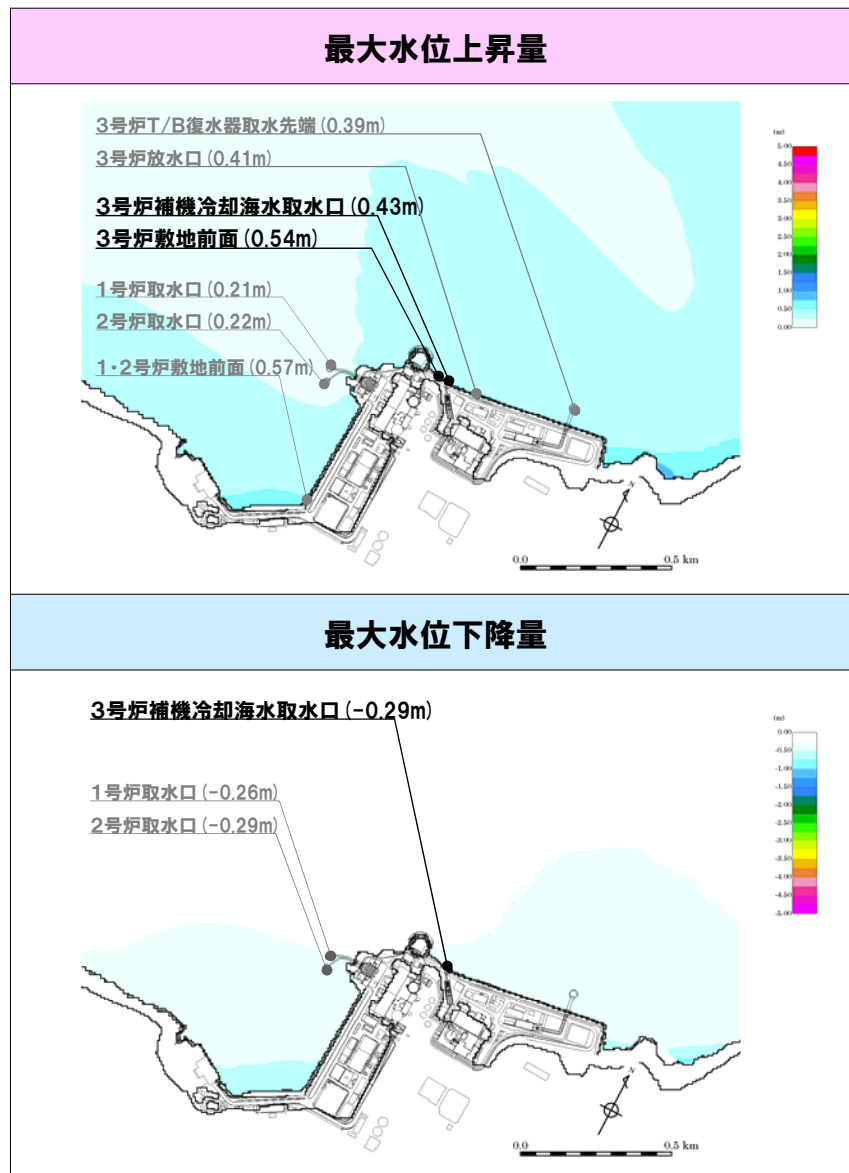
【今回:影響検討】



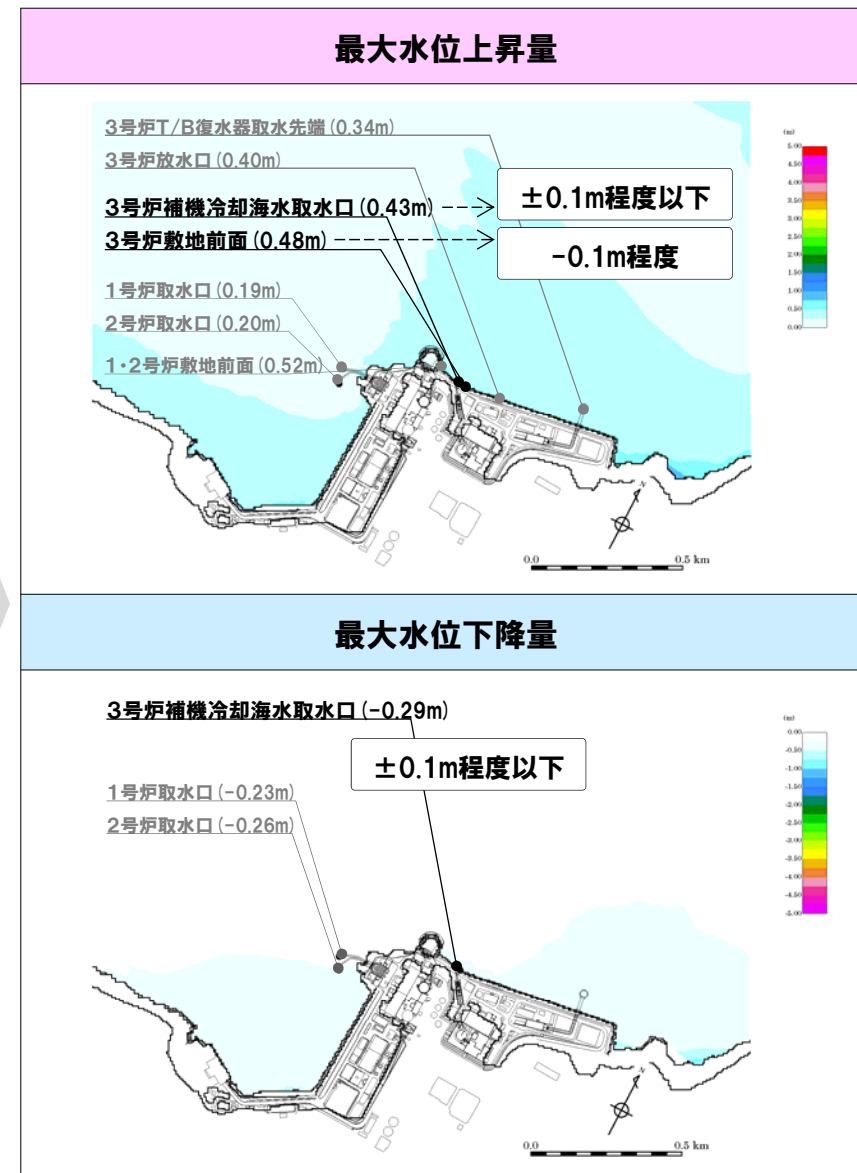
：3号炉敷地前面(上昇側)及び3号炉補機冷却海水取水口(下降側)における差分

(4) 計算結果 … 地点⑤立神岩

【従前】



【今回:影響検討】



：3号炉敷地前面(上昇側)及び3号炉補機冷却海水取水口(下降側)における差分

(5) まとめ

平成25年8月21日原子力規制委員会審査会合資料1-3

- 敷地周辺において地震地すべりが発生して敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は極めて低いと評価される。
- 大規模な降雨地すべりが発生して敷地に影響を与えるような津波を生じる可能性は低く、降雨地すべりに伴う津波についても基本的には問題ないと考えられる。
- 敷地周辺の伊予灘沿岸部に点在する地すべりは、地震地すべりではなく、古い時代に形成された降雨地すべりで現在は安定していると評価され、これまでに伊予灘沿岸部で地すべりによる津波が発生した事例もない。したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、沿岸部の自然斜面で降雨地すべりが発生して岩屑流(地すべり土塊)が海面に突入することで生じる津波の影響評価を行うこととする。
- 地すべり地の選定、範囲・規模の設定においては、詳細調査(地表踏査・地形再判読等)に基づいている。



- 国に報告している地すべり規模の考え方にとらわれず、不確かさの更なる重畳を考慮した参考評価として、**地すべり規模を一定程度増加させた場合の地すべり津波計算を実施し、影響検討を行った。**
- その結果、
 - ① 敷地前面の最大水位上昇量の増分は、**概ね数十cm程度以下、最大でも1m程度**であり、敷地高さT.P.+10mを超過するレベルには至らない。
 - ② 補機冷却海水取水口の最大水位下降量の増分は、**最大でも0.2m程度**であり、海水ポンプの取水性に影響を与えるレベルには至らない。
- 以上から、今回の参考評価を考慮したとしても、伊方発電所で想定される津波は**発電所の安全性に影響を及ぼすものではない**ことを確認した。

(参考) 基準津波一覧

検討ケース※1			上昇側							下降側	
			3号炉 敷地前面	3号炉 補機冷却 海水取水口	海水ビット ポンプ室※2	3号炉 T/B復水器 取水先端	取水ビット※2	3号炉 放水口	放水ビット※2	3号炉 補機冷却 海水取水口	海水ビット ポンプ室※2
上昇側	重畳津波	重畳 ケースC	T.P.+8.12m [-0.36m]	—	—	T.P.+4.21m [-0.36m]	T.P.+5.08m [-0.36m]	—	—	—	—
		重畳 ケースB	—	T.P.+5.46m [-0.40m]	—	—	—	—	—	—	
		重畳 ケースD	—	—	—	—	—	T.P.+4.69m [-0.40m]	—	—	—
	海域の活断層に想定 される地震に伴う津波	ア	—	—	T.P.+4.13m [-0.40m]	—	—	—	T.P.+4.07m [-0.39m]	—	—
下降側	重畳津波	重畳 ケースE	—	—	—	—	—	—	—	T.P.-4.60m [+0.34m]	T.P.-3.25m [+0.34m]

表中の数値は、各着目地点における余裕高が最も厳しくなるケースにおける最高・最低水位。[]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(＋が隆起、－が沈降)。
余裕高＝評価基準値＋地盤変動量－最高水位(または最低水位)。

※1

重畳ケースC:【敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント】傾斜角:北80度, すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度
【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】15秒
重畳ケースB:【敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント】傾斜角:北85度, すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度
【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】④(亀浦)【評価手法】二層流【時間差】79秒
重畳ケースD:【敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント】傾斜角:北85度, すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度
【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】12秒
重畳ケースE:【敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント】傾斜角:北75度, すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度
【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒
ア:【敷地前面海域の断層群＋伊予セグメント】傾斜角:北85度, すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度
【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度

※2 海水ビットポンプ室・取水ビット・放水ビットにおける最高・最低水位については、耐津波設計に係る事由であるが先行して記載。計算条件は耐津波審査会合(2014年3月6日)のとり。計算ケースは前述の重畳津波に対応する
ケース及びこれら重畳津波を構成する各波源津波に対応するケース。なお、表中に記載の管路解析の計算条件は以下のとおり。

- ・上昇側(海水ビットポンプ室) スクリーン損失:あり, 貝付着:なし, 海水ビット堰:あり, ポンプ取水量:海水ポンプ2台・海水取水ポンプ0台
- ・上昇側(取水ビット) スクリーン損失:なし, 貝付着:なし, 循環水ポンプ運転状態:停止中
- ・上昇側(放水ビット) 貝付着:あり, 循環水ポンプ運転状態:運転中
- ・下降側(海水ビットポンプ室) スクリーン損失:あり, 貝付着:あり, 海水ビット堰:あり, ポンプ取水量:海水ポンプ4台・海水取水ポンプ0台