



島根原子力発電所2号機 新規制基準への適合性審査の状況

平成30年 3月29日

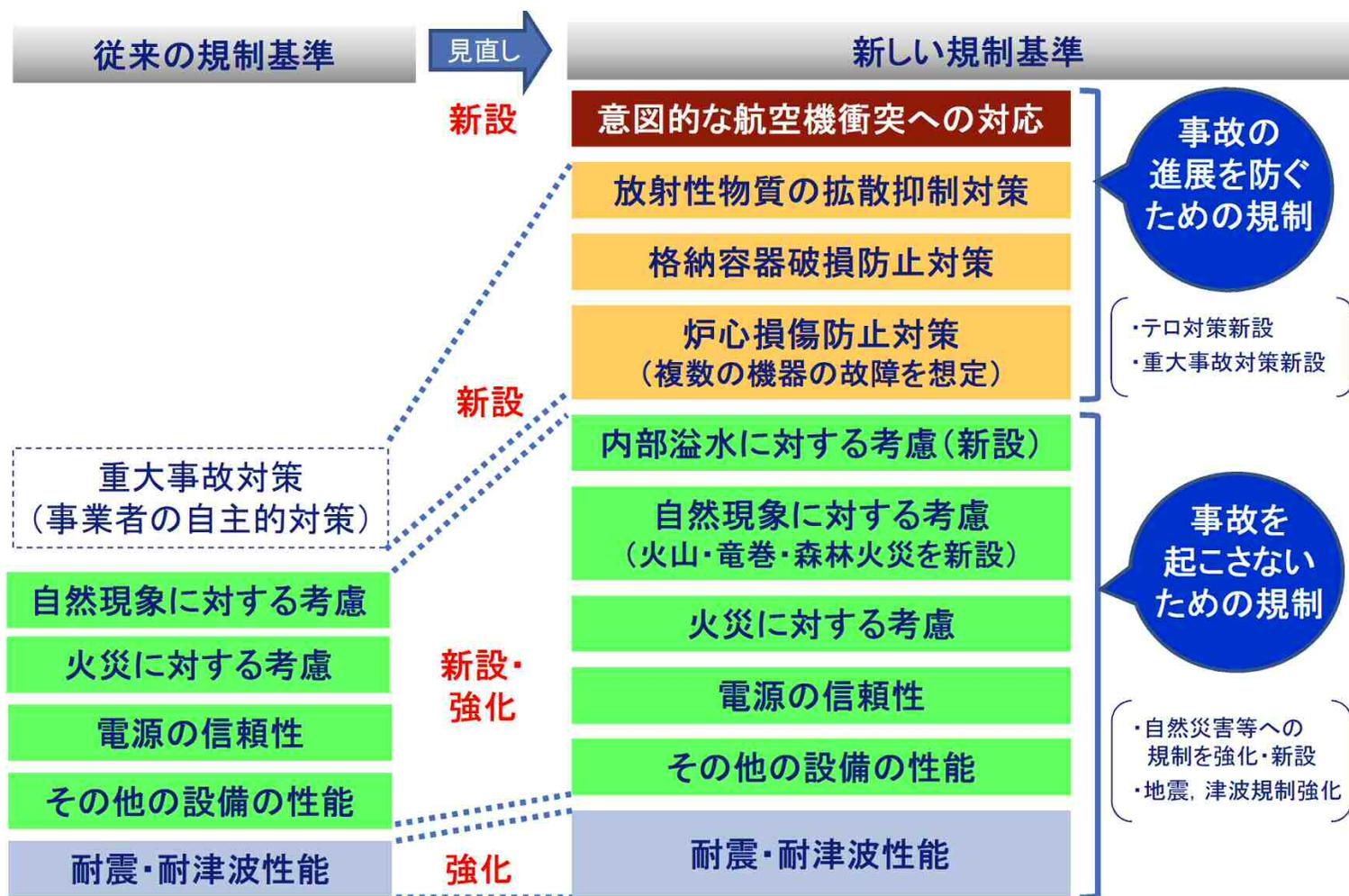
中国電力株式会社

(1) 審査の全体像	2
(2) 島根2号機の新規制基準適合性審査状況 ..	3
(3) 地震関係評価の主な流れ	4
(4) 活断層の調査	6
(5) 地下構造評価	11
(6) 「震源を特定して策定する地震動」の評価 ..	12
(7) 「震源を特定せず策定する地震動」の評価 ..	17
(8) 基準地震動の策定	18
(9) おわりに	22

<参考資料>

(1) 審査の全体像

- 平成25年12月25日，島根2号機の新規制基準への適合性確認を申請。
- 審査される分野は，大きく①地震・地盤・津波関係といった外部要因に関するものと②プラント関係の2分野に分かれます。



(2) 島根2号機の新規制基準適合性審査状況

○ これまでに、90回の審査会合が開催されています。(平成30年2月16日現在)

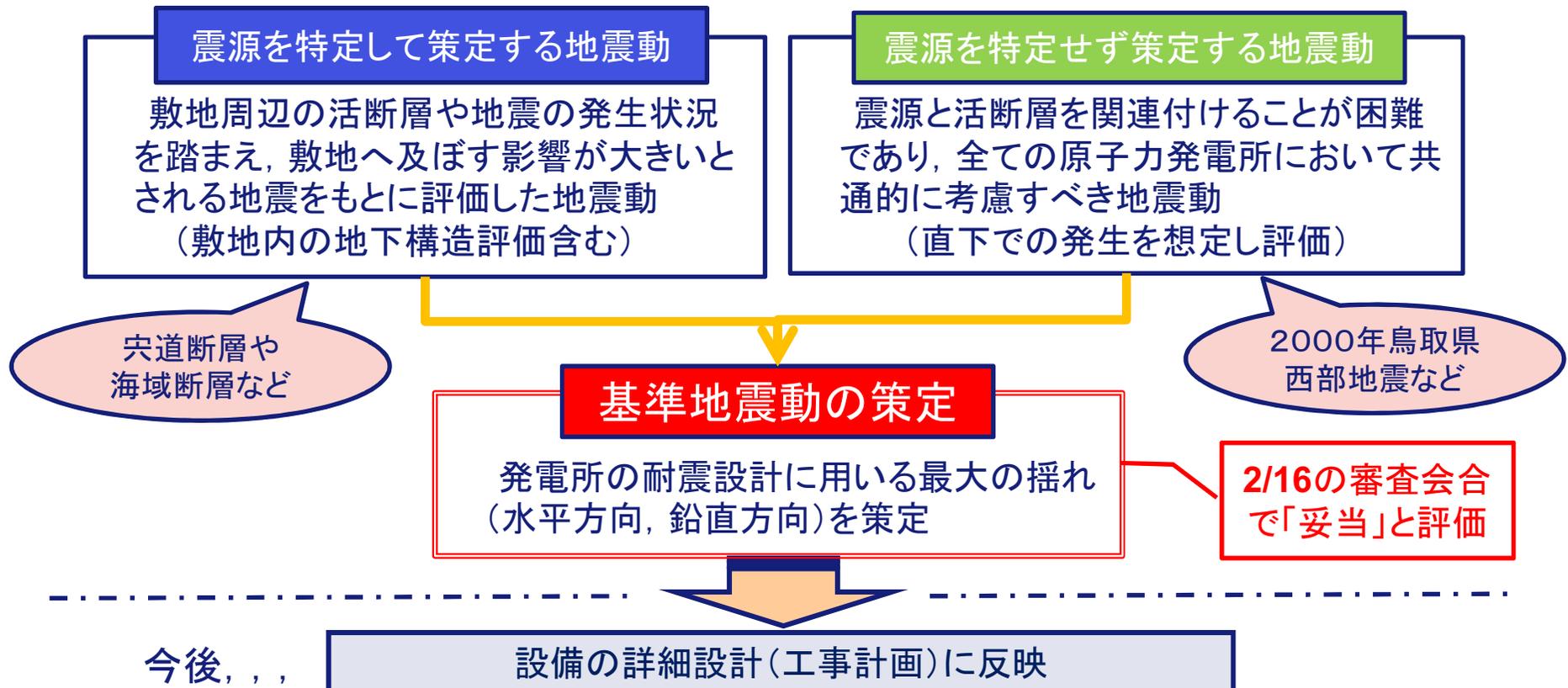
主要な審査項目		審査状況	主要な審査項目		審査状況	
審査の申請概要, 主要な論点について		実施中	内部溢水		実施中	
地震	敷地及び敷地周辺の地下構造	実施済	火災		実施中	
	震源を特定して策定する地震動	実施済	竜巻(影響評価・対策)		実施中	
	震源を特定せず策定する地震動	実施済	火山(影響評価・対策)		実施中	
	基準地震動	実施中 [※]	外部事象		実施中	
	耐震設計方針	実施中	静的機器単一故障		実施中	
	敷地の地質・地質構造	実施済	保安電源設備		未実施	
	地盤・斜面の安定性	未実施	誤操作防止, 安全避難通路, 安全保護設備		実施中	
津波	基準津波	実施中	原子炉冷却材圧力バウンダリ		実施中	
	耐津波設計方針	未実施	通信連絡設備		実施中	
重大事故 対策	確率論的リスク評価	実施中	監視測定設備		実施中	
	事故シーケンスの選定	実施中	共用設備		実施中	
	有効性評価	実施中	その他	特定重大事故等対処施設		実施中
	解析コード	実施中		所内常設直流電源設備(3系統目)		実施中
	原子炉制御室	実施中				
	緊急時対策所	実施中				
	フィルタ付ベント設備	実施中				
	水素爆発防止対策	実施中				

※ 基準地震動(820ガル)そのものは妥当と評価されたが、一部審査が未済のため「実施中」

(3) 地震関係評価の主な流れ(1/2)

【新規制基準における基準地震動の位置づけ】

- 発電所において想定される最大の揺れのことを「**基準地震動**」といいます。
- 「基準地震動」は「震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」をもとに策定します。
- この基準地震動を用いて、設備の詳細設計(工事計画)を実施します。



(3) 地震関係評価の主な流れ(2/2)

【耐震設計の考え方】

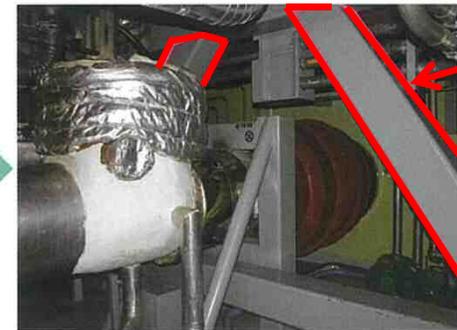
- 原子力発電所は、信頼性の高い耐震安全性が要求されており、耐震設計において、極めてまれに起こる大地震(想定される最大の揺れ)が発生しても重要な安全機能が維持され、放射線による著しい被害を与えないようにすることが求められています。
- 想定される最大の揺れ(基準地震動)については、周辺の活断層や過去に発生した地震などを詳細に調査・評価し、震源からの揺れの伝わり方など、さまざまな不確かさ(バラつき)を考慮して設定しています。
- 原子炉建物などの重要な建物は、軟らかい地盤に比べ揺れの小さい堅固な岩盤に設置し、更に建物や設備の設計にあたっては、余裕を持った耐震設計を実施しています。

耐震性の向上

発電所の機器・配管等の耐震安全性の裕度をより一層高めるため、自主的に耐震裕度向上工事を実施しています。



耐震補強工事前



耐震補強工事後

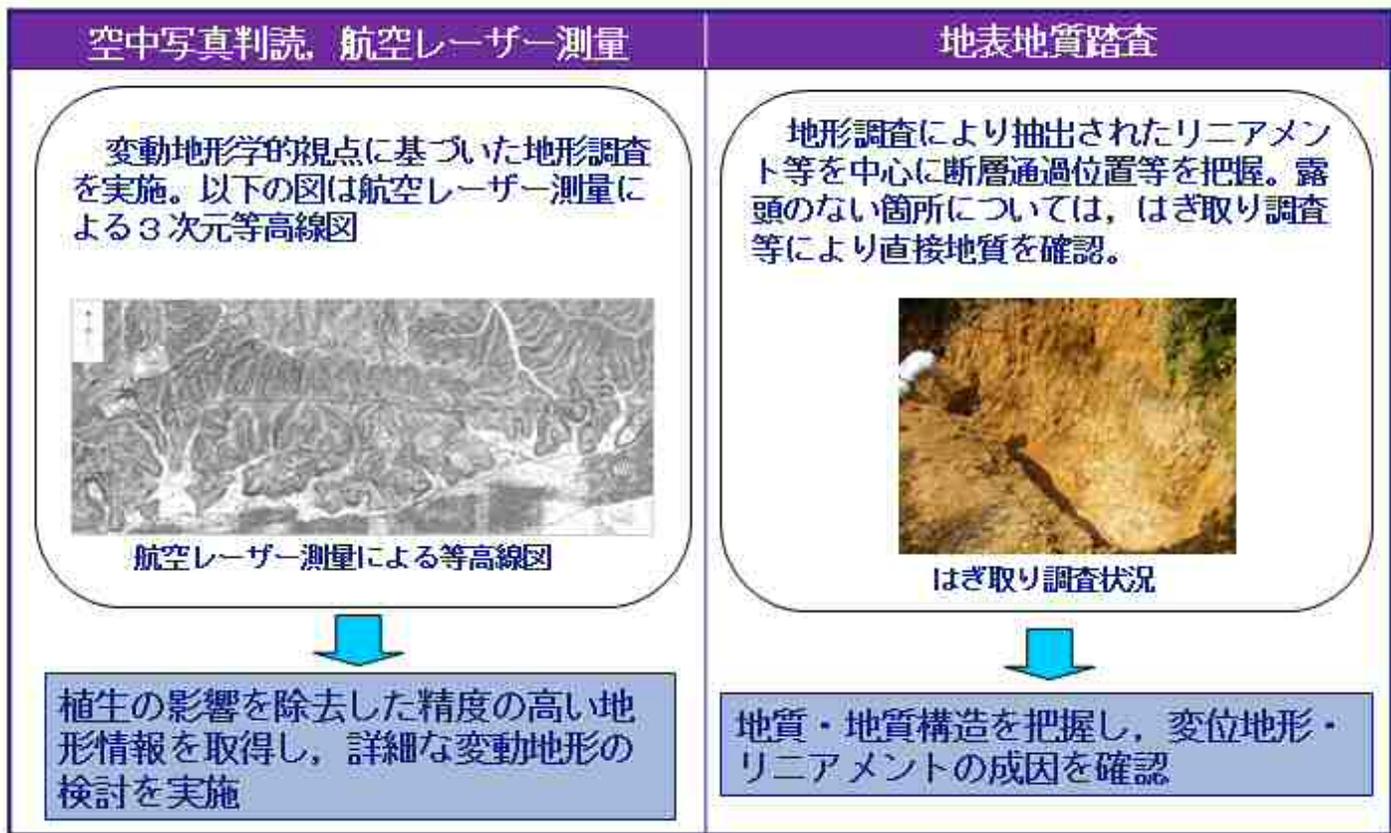
耐震補強工事により追加

(4) 活断層の調査(2/5)

断層が存在するか、またその断層が活断層(約12~13万年前以降に活動した)かどうかを、様々な方法で調査しました。

【活断層の調査方法】

- 過去の文献調査や空中写真判読, 航空レーザー測量, 更には実際に現地を歩く地表地質踏査で断層の存在を調査しました。

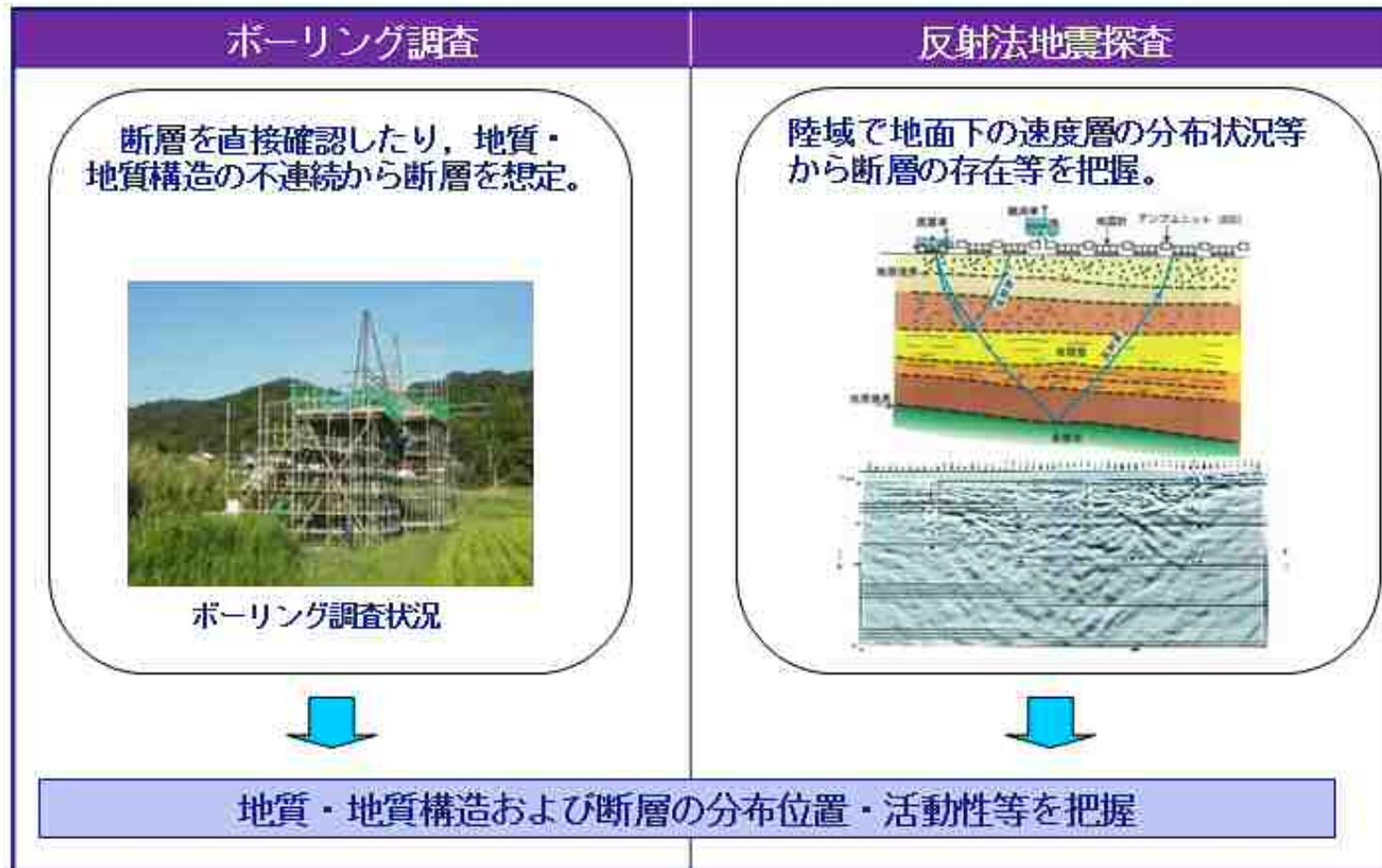


リニアメント:
谷や崖, 異なる種類の地形境界等, 地形的に続く線状模様

(4) 活断層の調査(3/5)

【活断層の調査方法】

- ボーリング調査, 反射法地震探査, トレンチ調査, 音波探査を実施し, 断層の分布や活動性を詳細に調査しました。



(4) 活断層の調査(4/5)

トレンチ調査

ボーリング調査等の結果、断層の可能性のある箇所において、断層の活動時期等を把握。



トレンチ調査状況

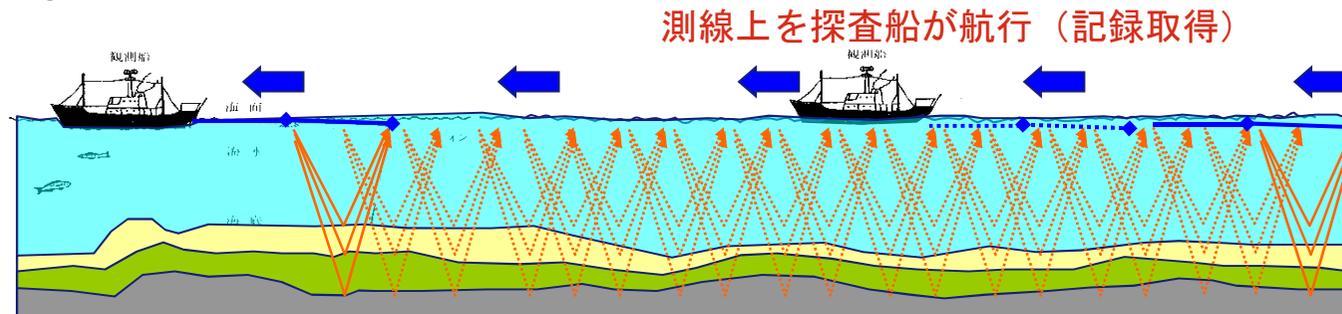


断層の有無や活動性等を把握

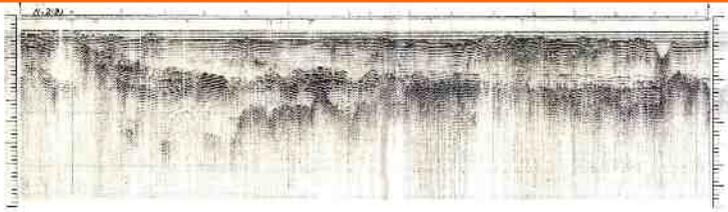
(4) 活断層の調査(5/5)

音波探査

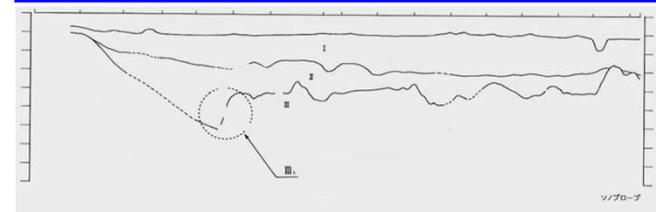
船から海底に向けて音波を発信し、海底や海底下の地層境界などで反射して戻ってくる反射波を解析することにより、海底下の断層を抽出し、断層の活動時期等を把握するための調査。



音波探査記録

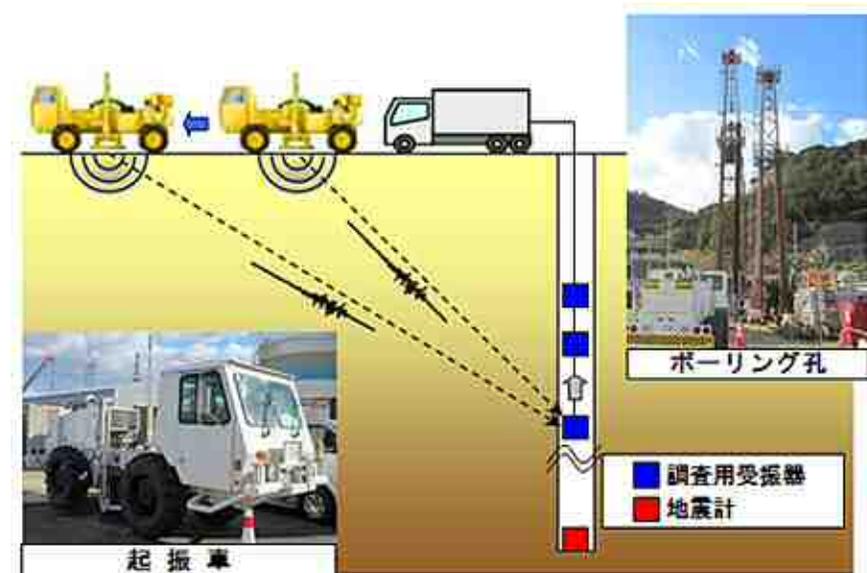
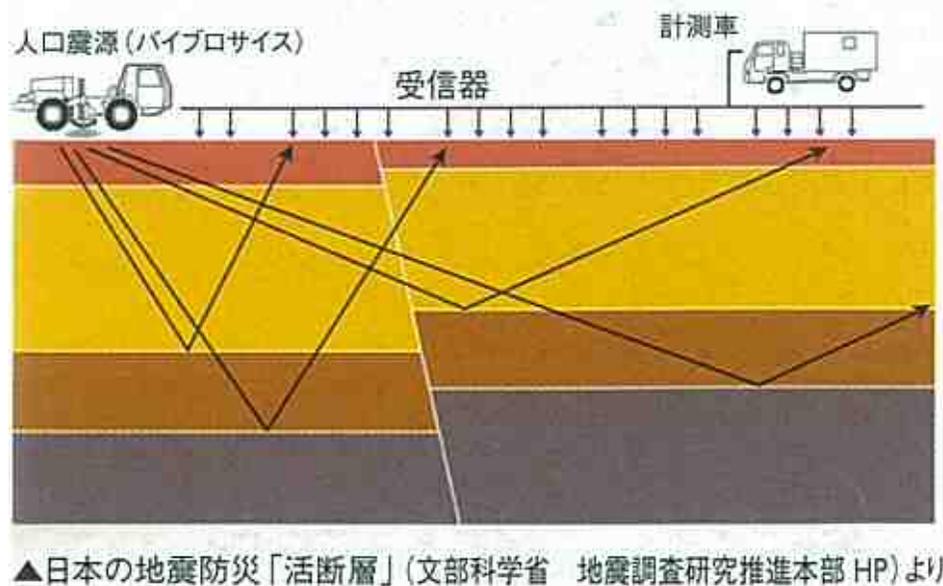


解釈図



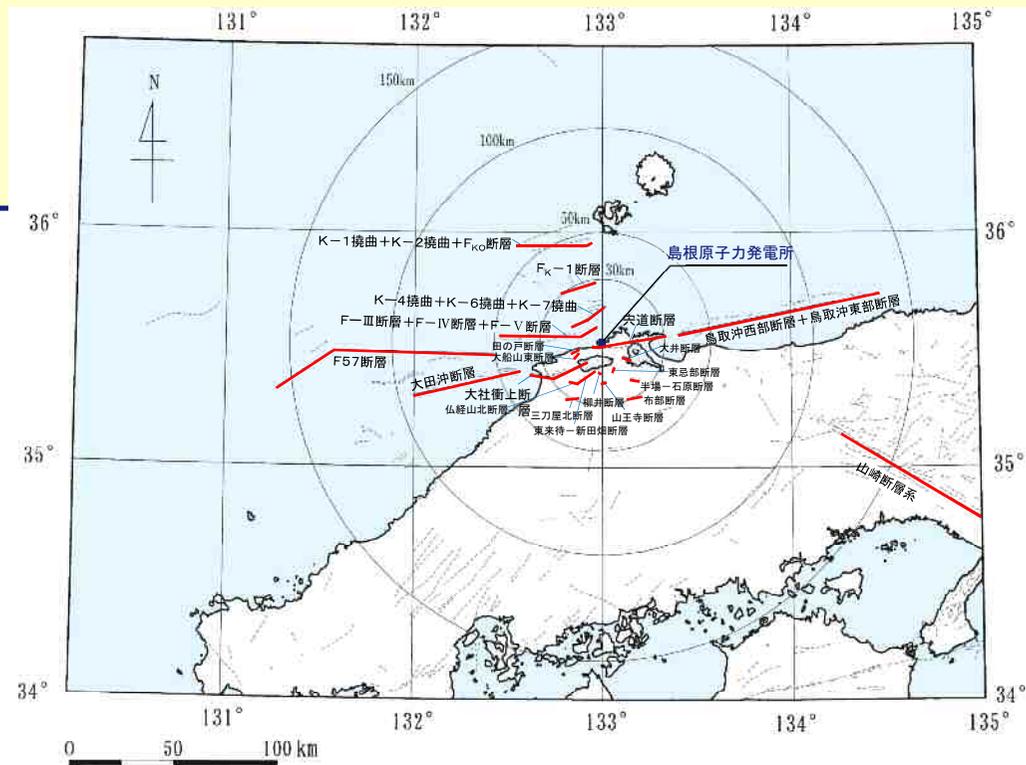
(5) 地下構造評価

- 敷地および敷地周辺における地層の傾斜や地震波速度構造等の地下構造の評価などを目的として、反射法探査や深度1,000メートル超級のボーリング等の地下構造調査を実施しました。
- 発電所敷地内の地下構造(地盤の特性)を評価し、地震動評価に反映しました。



(6)「震源を特定して策定する地震動」の評価(1/5)

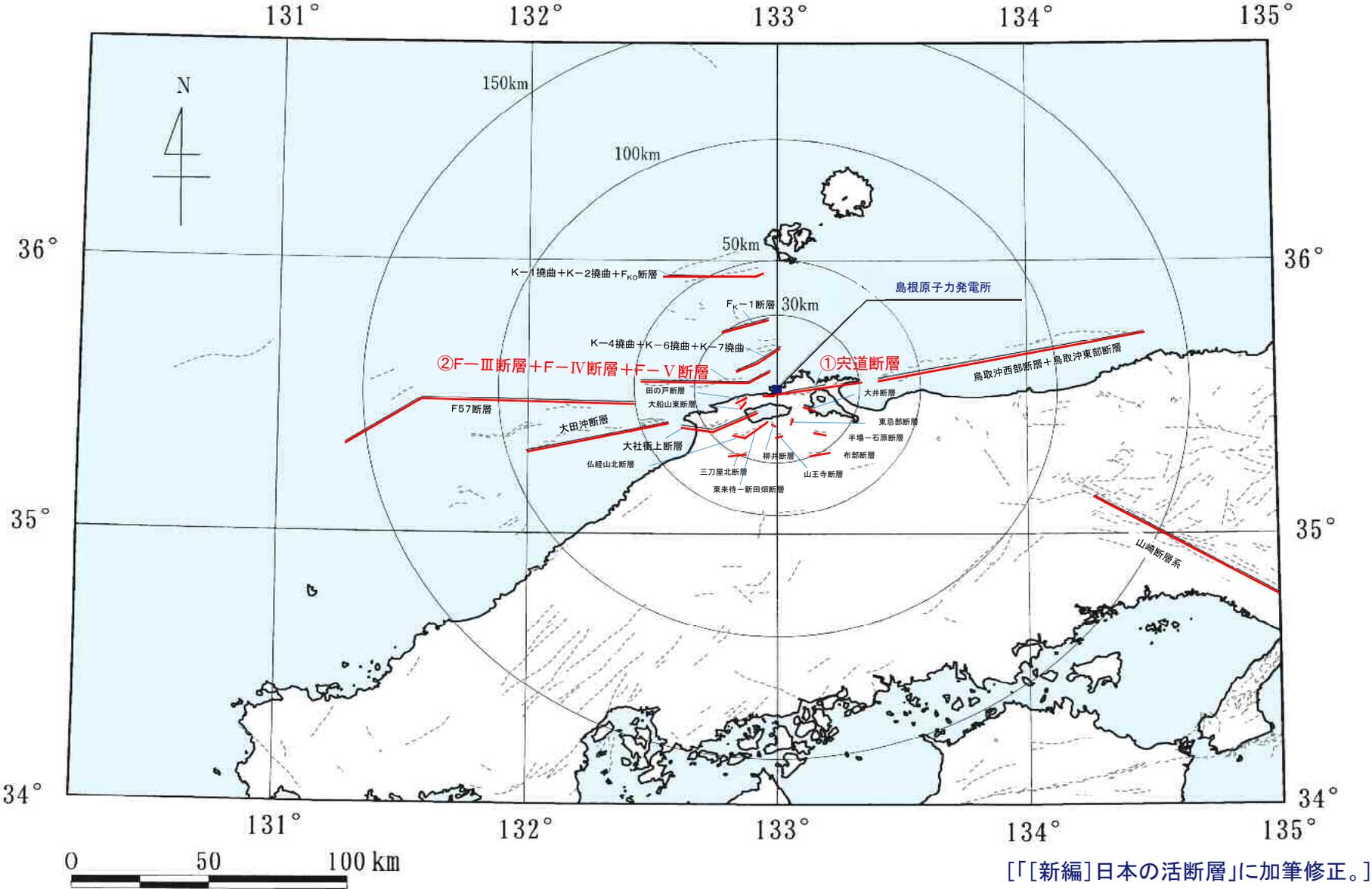
- 様々な調査により確認した敷地周辺の活断層は、下図のとおりです。
- これらの活断層による地震の規模(マグニチュード)と発電所の距離をもとに検討を行い、敷地への影響が大きいと想定される地震(検討用地震)として、以下の2つを選定しました。
 - ① 宍道断層による地震
 - ② F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層による地震 (敷地前面海域)
- 地震動評価には、様々な不確かさ(断層傾斜など)を考慮しました。



(敷地周辺における活断層の分布)

[[新編]日本の活断層]に加筆修正。]

(6)「震源を特定して策定する地震動」の評価(2/5)



(敷地周辺における活断層の分布)

(6)「震源を特定して策定する地震動」の評価(3/5)

突道断層の評価長さ

○ 発電所の安全性により万全を期す観点から、活断層評価に関する追加調査結果等を踏まえ、断層の評価長さを約39kmに見直しました。



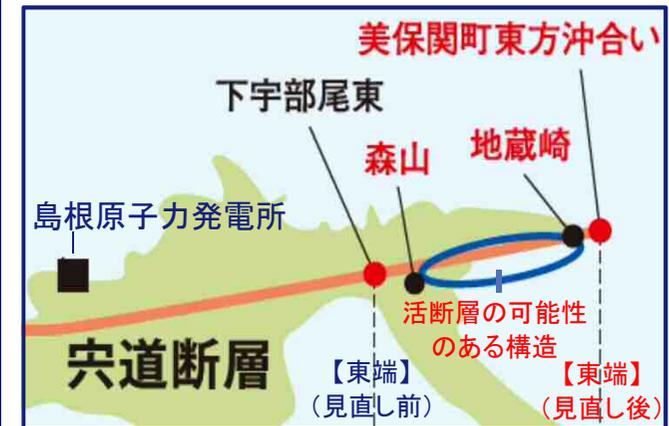
評価地点	見直しの理由
西端 ① → ①'	活断層評価に用いるデータの精度・信頼性が高い ① を西端とした。
東端 ② → ②'	② の東方において「活断層の可能性のある構造」があるとする知見に基づき、追加調査を実施。その結果、上載地層法等により後期更新世以降の断層活動を完全に否定する調査結果が得られなかったことから、精度・信頼性の高いデータが得られている ② を東端とした。



(6)「震源を特定して策定する地震動」の評価(4/5)

宍道断層東端見直しの経緯

- 平成28年7月，地震調査研究推進本部※1が「中国地域の活断層の長期評価」を公表されました。その中で，下宇部尾東より東方の海陸境界付近は「活断層の可能性のあるものの，活動性については詳細なデータが不足し，判断できていない」として，「**活断層の可能性のある構造**」を記載されました。
- その後，審査会合で，当該範囲における断層の活動性についてデータを整理・拡充して評価するよう原子力規制委員会からコメントを受けました。
- 当社は，「森山」から「地蔵崎」において追加調査を徹底して実施しましたが，陸域において一部を除き，上載地層法※2による評価ができず，断層の最新活動時期が確定できないこと，また海陸境界において十分な調査が実施できないことから，**後期更新世※3以降の断層活動が完全には否定できないと判断しました。**



～上載地層法の考え方～



図の例では，上載地層にずれがないことから，断層は，後期更新世以降に活動していないと評価できる。

※1 地震調査研究を一元的に実施する国の機関

※2 断層を覆う地層(上載地層)の年代を特定することで，その断層の活動時期を判断する方法。今回の調査では，上載地層がないため，評価できない範囲があった。

※3 新規規制規準では，後期更新世(約12～13万年前)以降の活動性が否定できない断層を活断層として考慮することとしている。

(6)「震源を特定して策定する地震動」の評価(5/5)

- このため、宍道断層の東端を、音波探査によって精度や信頼性のより高い調査結果等が得られている「美保関町東方沖合い」に見直しました。

宍道断層と鳥取沖西部断層の連動評価

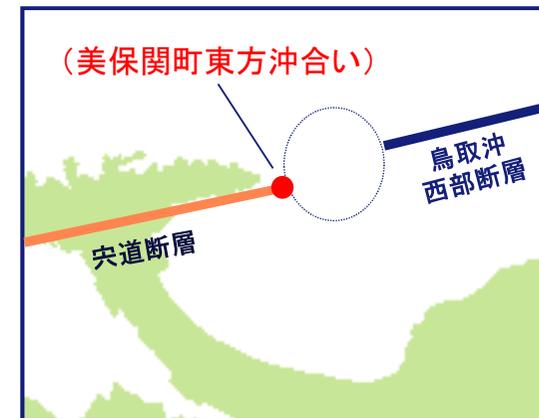
- 以下のことから、**宍道断層と鳥取沖西部断層は連動しないと評価しました。**

■ 宍道断層および鳥取沖西部断層の評価

- ・宍道断層の末端性状および東端評価
- ・鳥取沖西部断層の末端性状および西端評価

■ 宍道断層と鳥取沖西部断層の間の地質構造

- ・音波探査の結果、宍道断層と鳥取沖西部断層の間に後期更新世以降の断層活動は認められない。
- ・詳細地質構造に関する検討の結果、宍道断層と鳥取沖西部断層間を横断する断層は認められない。
- ・宍道断層で認められる明瞭な重力異常※は、鳥取沖西部断層へ連続しない。



※ 重力の実測値とその緯度の標準重力の差のこと。断層等に伴う基盤の落差や異なる岩体の密度差による構造境界を境に重力の差が大きく生じるため、重力異常が見られた箇所には、断層が存在する可能性がある。

《参考資料-1~3に関連資料を添付》

(7)「震源を特定せず策定する地震動」の評価

- 国内で発生した地震の中で、震源と活断層を関連付けることが困難な地震（地表で断層を確認できない場所で起きた比較的大きな地震）について、震源近傍の観測記録から地震動を評価しました。
- 原子力規制委員会は、検討対象として過去に発生した16の地震を示しており、観測記録を収集して検討を行った結果、「2000年鳥取県西部地震」、「2004年北海道留萌支庁南部地震」による揺れを評価し、これらを震源を特定せず策定する地震動として考慮しました。

検討対象の16地震

2008年岩手・宮城内陸地震	Mw6.9	2011年静岡県東部地震	Mw5.9
2000年鳥取県西部地震	Mw6.6	1997年山口県北部地震	Mw5.8
2011年長野県北部地震	Mw6.2	2011年茨城県北部地震	Mw5.8
1997年3月鹿児島県北西部地震	Mw6.1	2013年栃木県北部地震	Mw5.8
2003年宮城県北部地震	Mw6.1	2004年北海道留萌支庁南部地震	Mw5.7
1996年宮城県北部(鬼首)地震	Mw6.0	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	Mw5.4
1997年5月鹿児島県北西部地震	Mw6.0	2012年茨城県北部地震	Mw5.2
1998年岩手県内陸北部地震	Mw5.9	2011年和歌山県北部地震	Mw5.0

(8) 基準地震動の策定(1/4)

- 「震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果を踏まえ、以下のとおり5つの基準地震動を策定しました。
- 平成30年2月16日の審査会合において、本内容で「妥当」と評価されました。

【基準地震動】

	基準地震動	
震源を特定して策定する地震動	・応答スペクトル手法による基準地震動	Ss-D
	・断層モデル手法による基準地震動	Ss-F1
		Ss-F2
震源を特定せず策定する地震動	・2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動	Ss-N1
	・2000年鳥取県西部地震(賀祥ダム(監査廊))の観測記録	Ss-N2

※D,F,Nは基準地震動を識別するための記号

《参考資料-4~6に関連資料を添付》

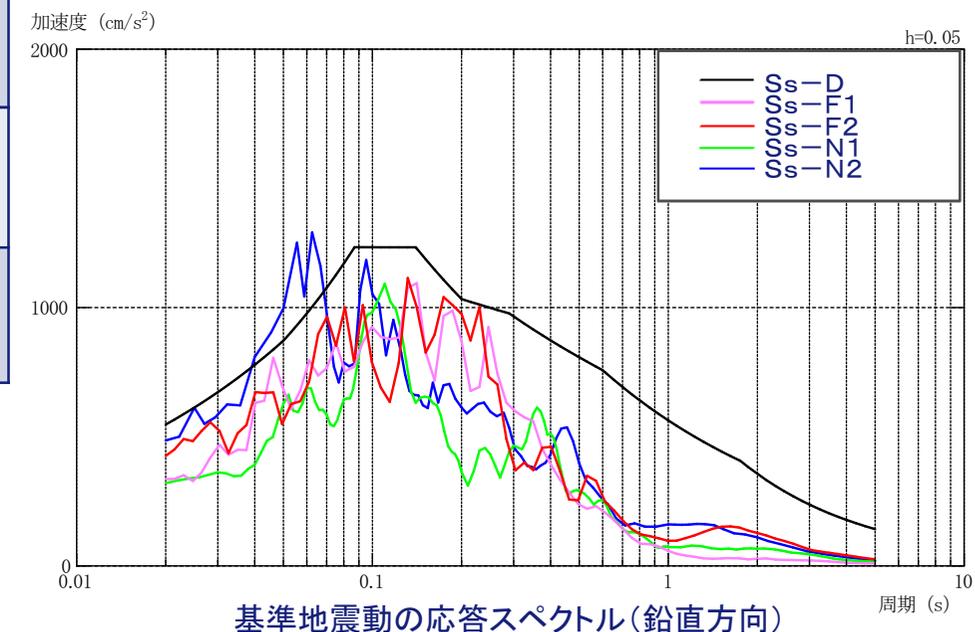
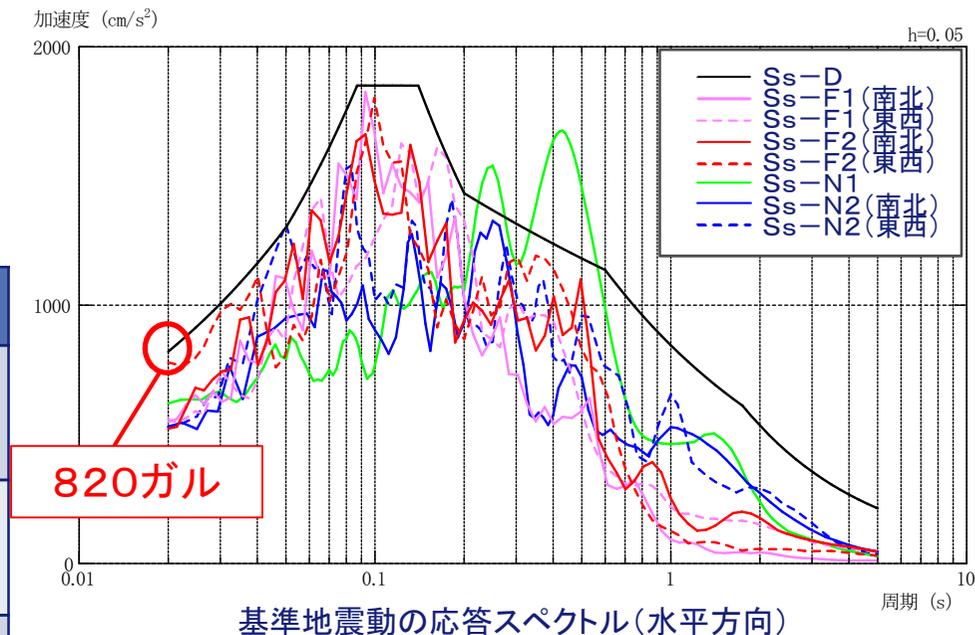
(8) 基準地震動の策定(2/4)

【基準地震動の最大加速度値】

基準地震動の最大加速度値は、最も周期が短い側(0.02秒)の揺れの強さで表します。

基準地震動	水平方向	鉛直方向
S _s -D	820ガル	547ガル
S _s -F1	549ガル(南北成分) 560ガル(東西成分)	337ガル
S _s -F2	522ガル(南北成分) 777ガル(東西成分)	426ガル
S _s -N1	620ガル	320ガル
S _s -N2	528ガル(南北成分) 531ガル(東西成分)	485ガル

ガル: 加速度の単位で地震の揺れの強さを表現したもの(1ガル=1cm/s²)。



(8) 基準地震動の策定(3/4)

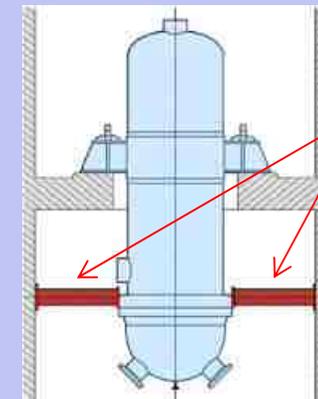
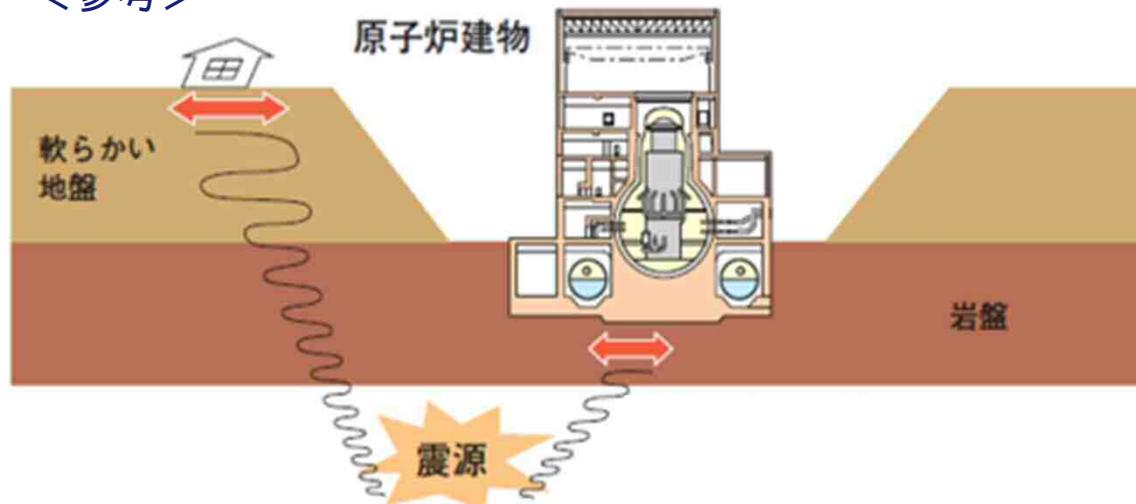
○ 震源を特定して策定する地震動については、宍道断層の評価長さの見直し等により、申請時600ガルとしていたものを、820ガルに見直しました。

	申請時	2016年2月 ヒアリング	2018年2月 審査会合(今回)
震源を特定して策定する地震動	【Ss-1】 600ガル 【Ss-2】 586ガル 【Ss-3】 489ガル	【Ss-D】 800ガル	【Ss-D】 820ガル 【Ss-F1】 549ガル(南北成分) 560ガル(東西成分) 【Ss-F2】 522ガル(南北成分) 777ガル(東西成分)
震源を特定せず策定する地震動	【Ss-4】 585ガル	【Ss-N1】 620ガル 【Ss-N2】 528ガル(南北成分) 531ガル(東西成分)	【Ss-N1】 620ガル 【Ss-N2】 528ガル(南北成分) 531ガル(東西成分)

(8) 基準地震動の策定(4/4)

- 発電所の安全上重要な設備は、今回策定した**基準地震動にも耐えることができるよう耐震性を確保**します。
- 今までに設備の耐震裕度向上工事(補強用支持構造物の追加設置等)を進めてきており、今回の基準地震動の策定により大幅な追加工事は必要ないと考えていますが、今後、その要否を精査し、更なる対策が必要となればしっかり取り組んでまいります。

<参考>



支持構造物を追設

耐震補強の例(熱交換器)

- ・原子力発電所は堅固な地盤(岩盤)上に設置しており、軟らかい地盤に建つ一般の建物と比べると、揺れは $1/2 \sim 1/3$ 程度となります。
- ・2000年鳥取県西部地震では、震源からほぼ同じ距離にある旧鹿島町役場(普通地盤:地表)が109ガルであったのに対し、島根原子力発電所(2号原子炉建物基礎上)では34ガルでした。

《参考資料一七に関連資料を添付》

(9) おわりに

- 2月16日の審査会合において、基準地震動について、「妥当」と評価されましたが、引き続き、審査に適切に対応していくとともに、安全対策工事を着実に実施し、安全性の更なる向上を目指してまいります。
- また、こうした取り組みについて、地域の皆さまに分かりやすく丁寧に、お知らせしてまいります。

【当社ホームページ】

《新規制基準適合性審査の状況》

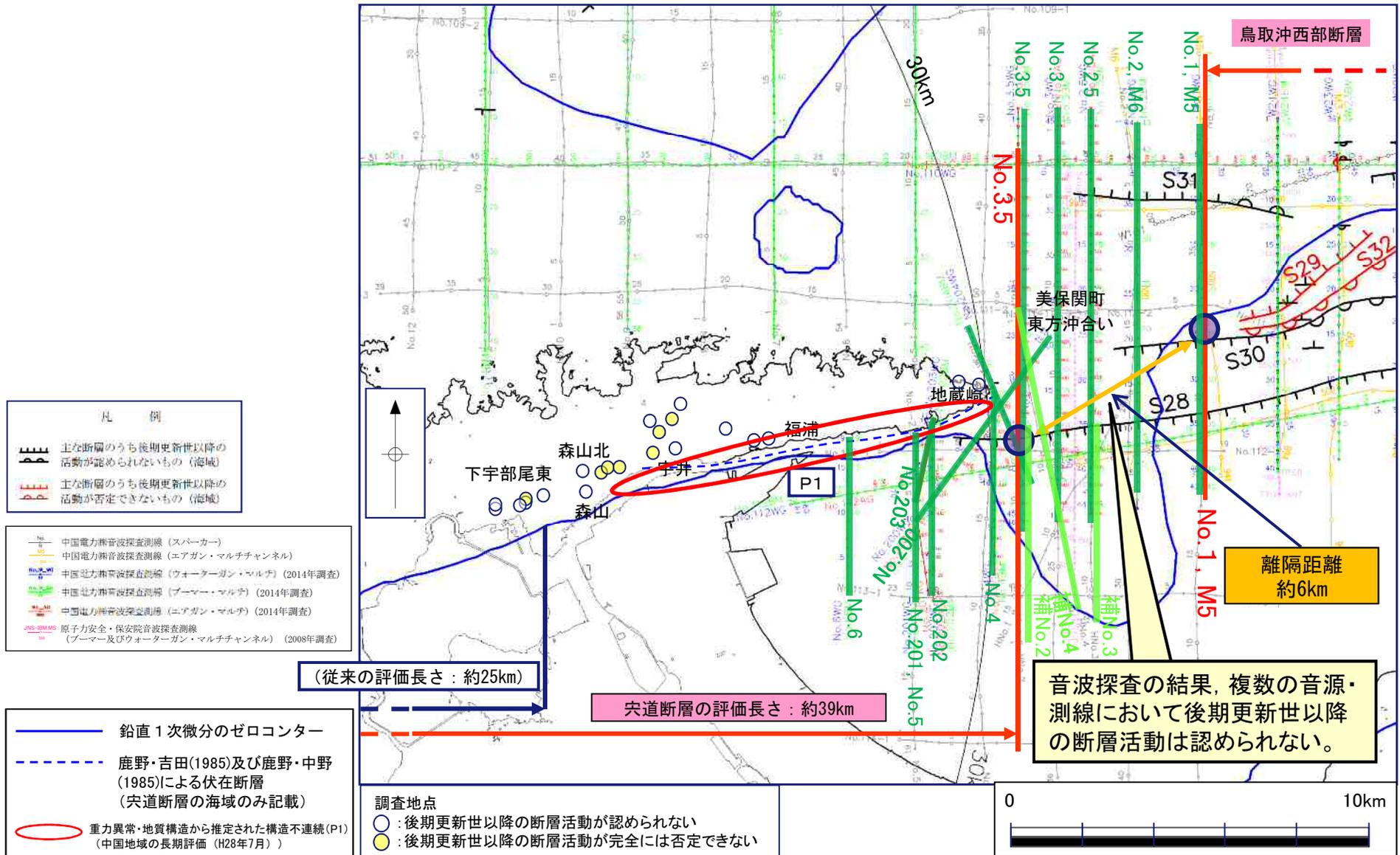
《安全対策の主な取り組み》

区分	主な取り組み
	深部地震観測装置の設置
	機器・配管等の耐震強度向上工事
	機器・配管等の耐震補強工事
	排気筒の耐震強度向上工事
	防波壁の強化(海抜1.5mに引き上げ)
	防波壁液状化対策工事
	建物の浸水防止対策(水密扉の設置等)

<参 考 资 料>

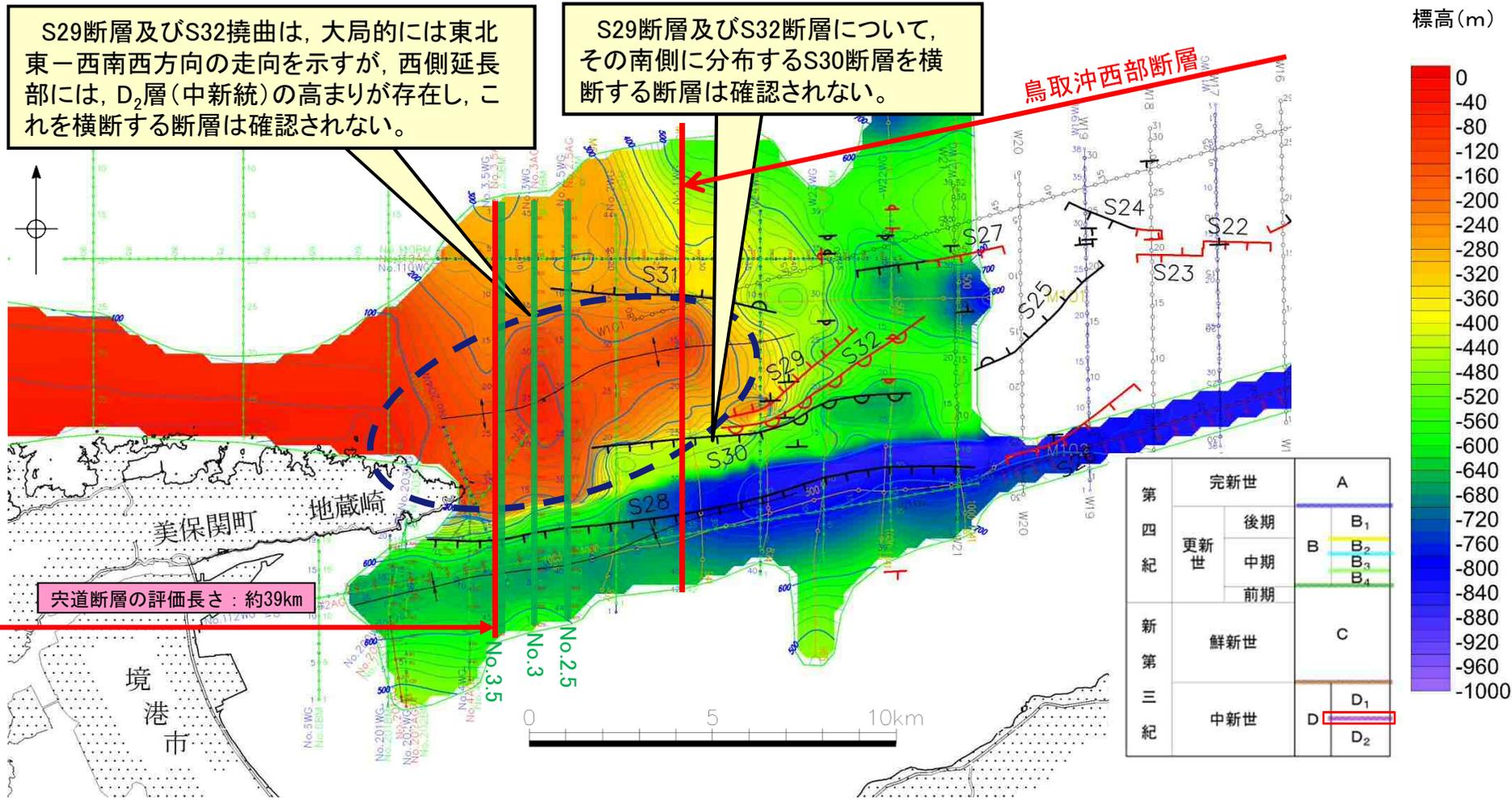
断層活動性に関する検討結果

H29.9.29審査会合
資料を加筆・修正



H29.9.29審査会合
資料を加筆・修正

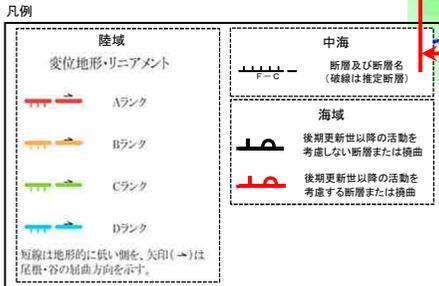
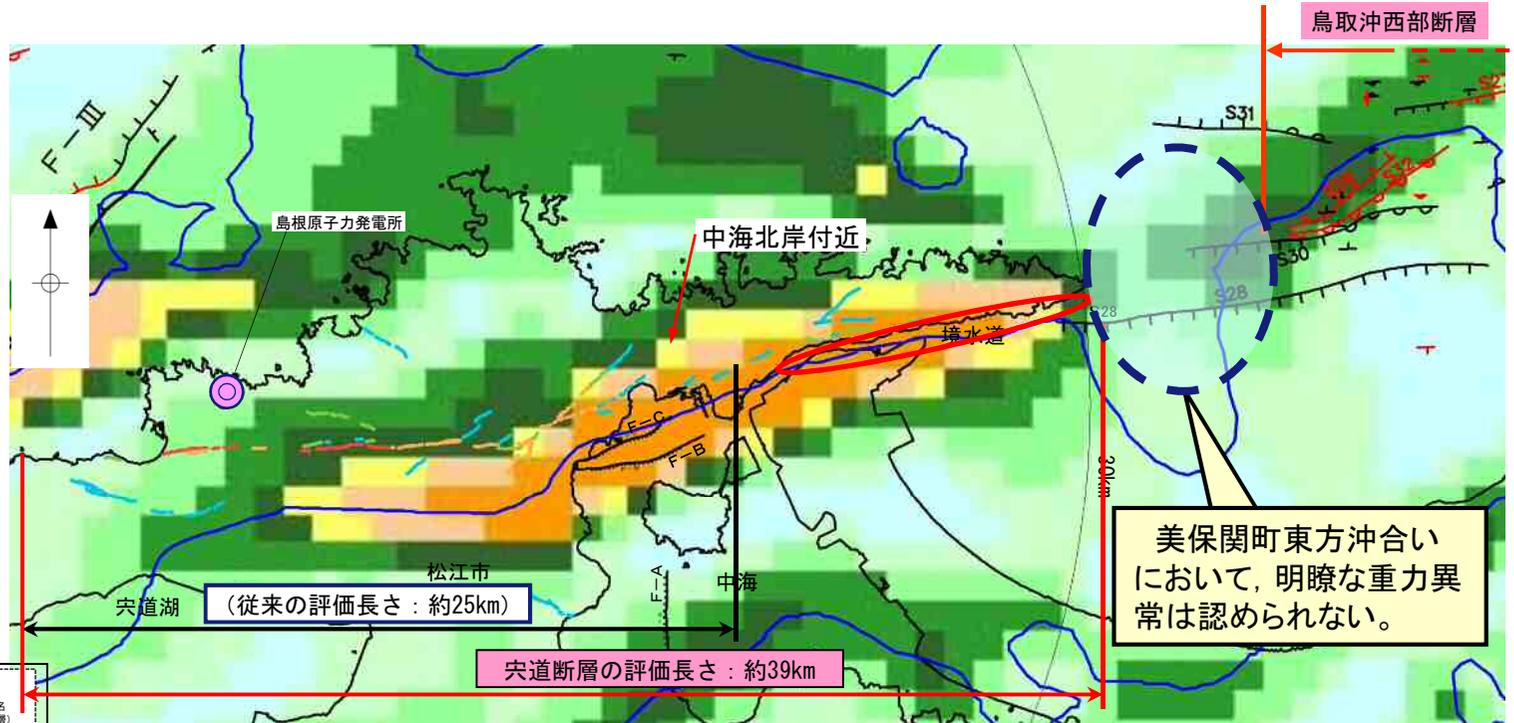
基盤(D₂層)上面深度と断層分布の関係



H29.9.29審査会合
資料を加筆・修正

重力異常※に関する検討結果

水平勾配図及び
鉛直1次微分図

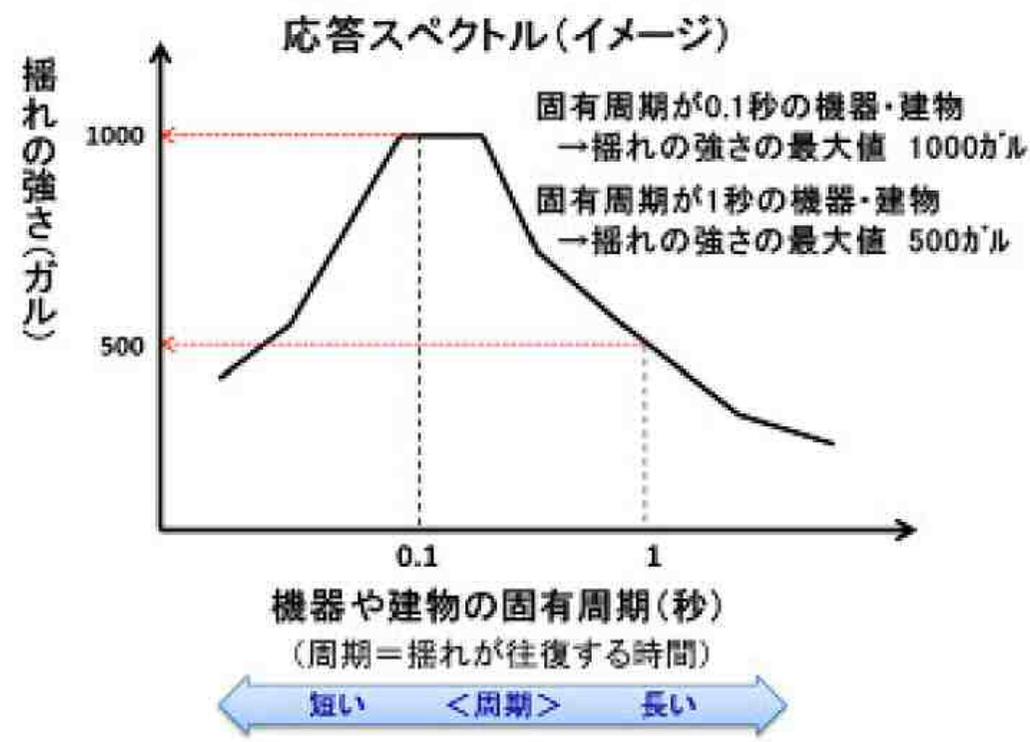


— 鉛直1次微分のゼロコンター
 ○ 重力異常・地質構造から推定された構造不連続(P1)
 (中国地域の長期評価 (H28年7月))

注) 重力異常水平勾配 = \tan^{-1}
 (1,000mあたりの重力変化量 (mgal/m))
 日本重力データベースDVD版(地質調査総合センター編(2013))ブーゲー異常
 グリッドデータ(グリッド間隔1,000m, 密度: 2.67g/cm³, 陸域・海域)を用いて作成

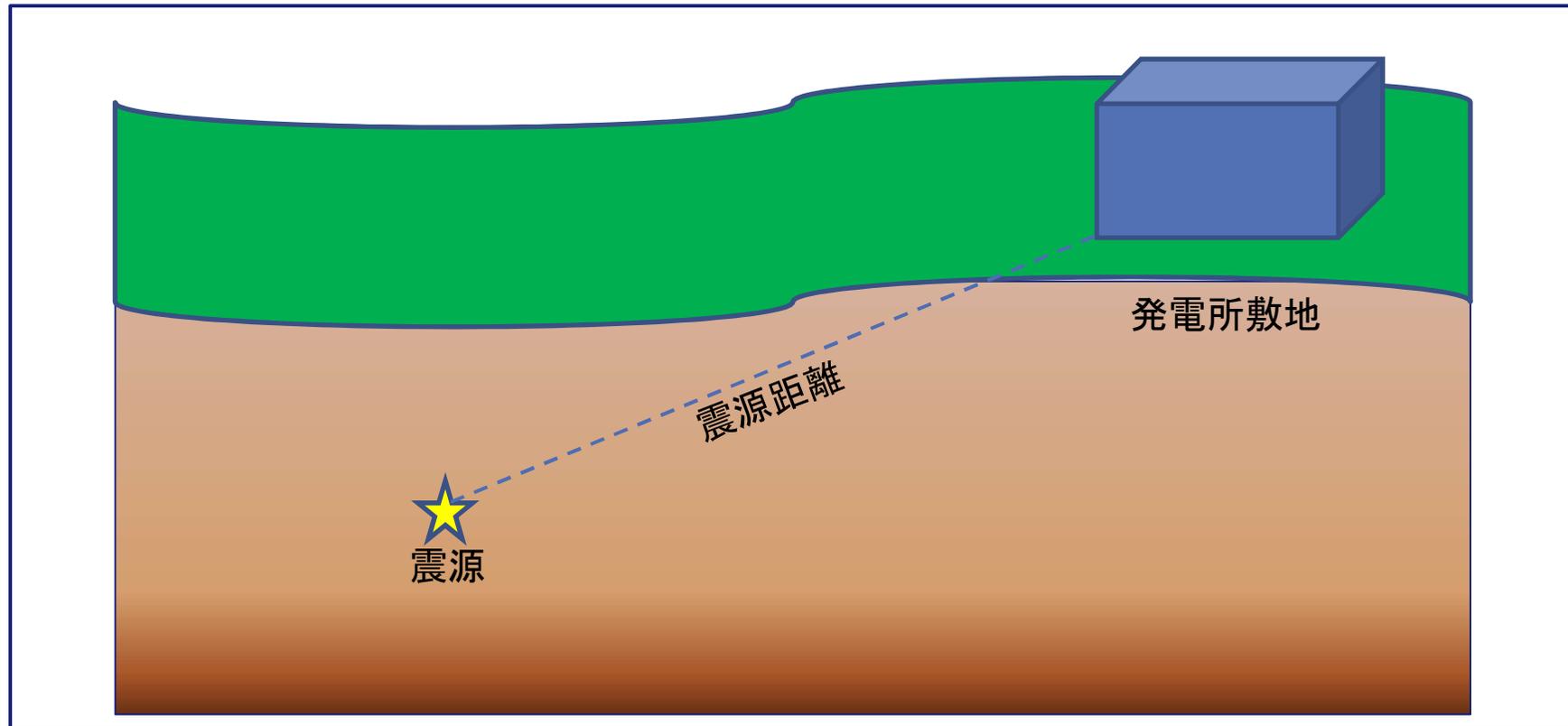
※ 重力の実測値とその緯度の標準重力の差のこと。断層等に伴う基盤の落差や異なる岩体の密度差による構造境界を境に重力の差が大きく生じるため、重力異常が見られた箇所には、断層が存在する可能性がある。

- 地震動には、さまざまな周期の揺れが含まれています。建物や機器には、それぞれ揺れやすい周期(固有周期)があり、その周期の揺れに対して建物や機器は強く反応し、大きく揺れます。
- ある地震動が個々の建物や機器にどの程度の揺れを生じさせるかについて、周期ごとに、わかりやすいよう示したものを「**応答スペクトル**」と言います。



参考資料－5 応答スペクトルを用いた手法による地震動評価

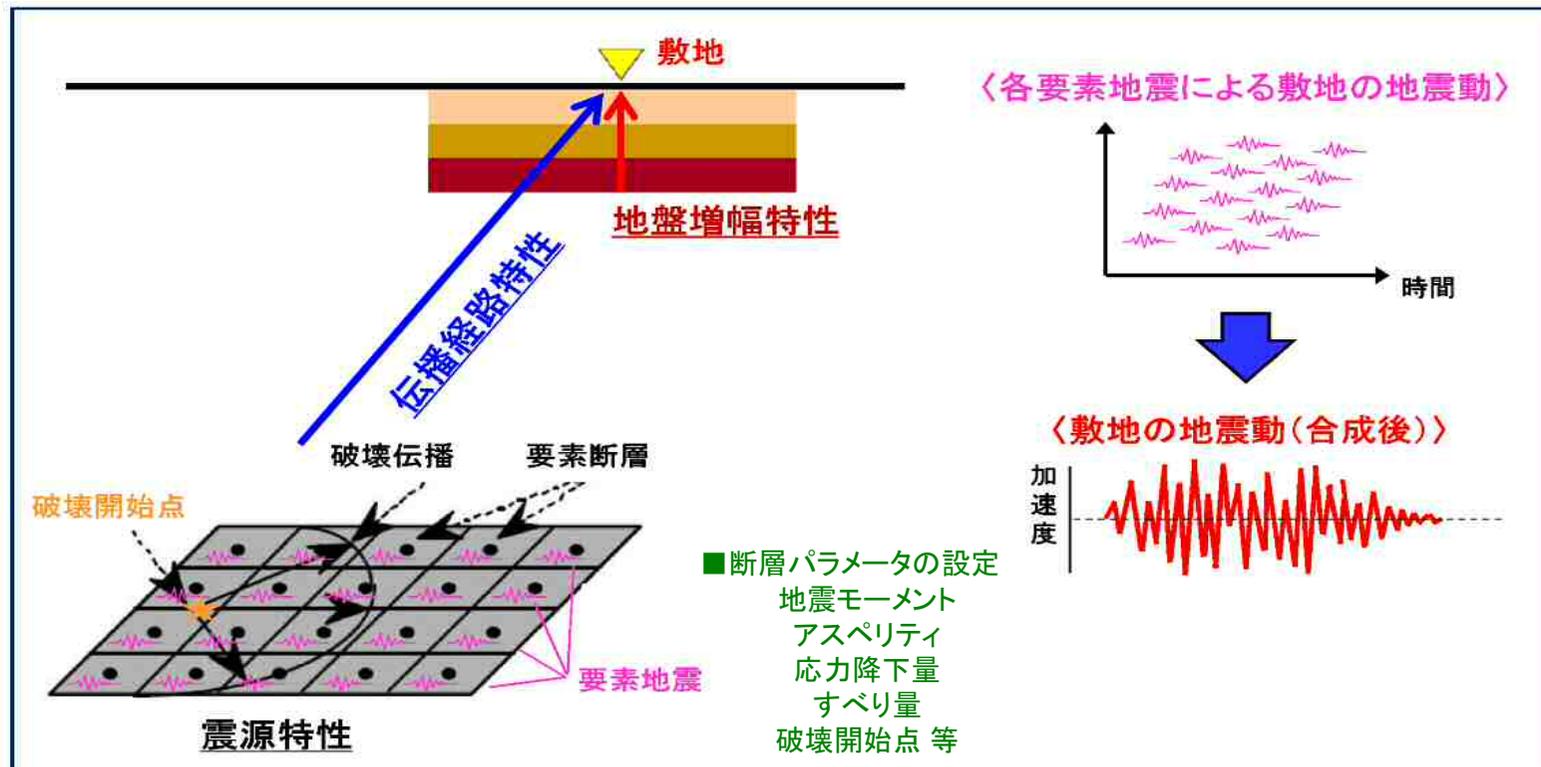
- 応答スペクトルを用いた手法は、地震のマグニチュードと震源距離等に基づき、発電所敷地における揺れを評価。（震源を点と仮定して評価する経験的手法）



応答スペクトルを用いた手法による地震動評価の概念図

参考資料-6 断層モデルを用いた手法による地震動評価

- 断層モデルを用いた手法は、断層を面として捉え、それを細かく分割し、それぞれの領域から発生する地震(要素地震)の波を合成することで、発電所敷地における揺れを評価。(震源の面的な広がりを考慮する手法)



断層モデルを用いた手法による地震動評価の概念図

参考資料－7 原子炉建物における基礎の建設状況

【島根3号機の建設状況】



岩盤検査時の状況

原子炉建物などは、揺れの小さい堅固な地盤(岩盤)上に建設しており、国の使用前検査の一つである岩盤の強度等に関する検査(岩盤検査)に合格している。



原子炉建物の配筋工事の状況

岩盤の上に鉄筋を網目のように配置し、コンクリートを流し込んで、岩盤上に基礎を直接設置している。



原子炉建物の基礎等で使用している鉄筋(直径51mm)