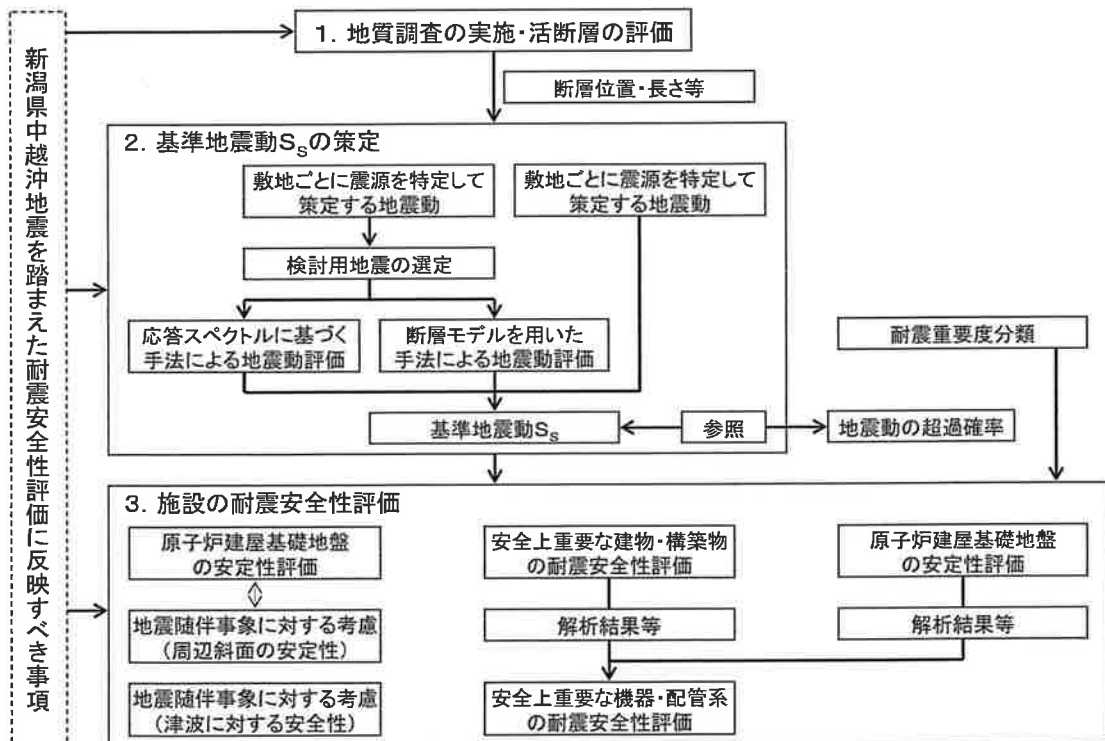


敦賀発電所 新耐震指針に照らした耐震安全性評価 (中間報告の概要)

平成20年4月11日
日本原子力発電株式会社

1

新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ



1-1. 地質調査の実施

地質調査の概要

(新耐震指針)
 敷地からの距離に応じ、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた十分な調査。
 特に、敷地近傍では精度の高い詳細な調査。

敦賀3, 4号機追加調査

敦賀発電所の敷地周辺の活断層に係るデータを一層拡充

+

新耐震指針を踏まえた調査

敦賀半島及び近傍海域において、精度の高い詳細な調査

調査範囲

調査項目



<陸域>

- ・文献調査
- ・変動地形学的調査
(空中写真判読, 航空レーザー測量)
- ・地球物理学的調査
(反射法地震探査, 電気探査等)
- ・詳細地表地質調査(はぎとり調査含む)
- ・ボーリング調査
- ・トレンチ調査 等

<海域>

- ・文献調査
- ・変動地形学的調査(海底地形面調査)
- ・地球物理学的調査(海上音波探査)
- ・海上ボーリング調査 等


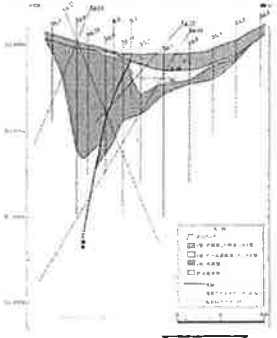


陸域における詳細な地質調査

空中写真判読, 航空レーザー測量	反射法地震探査
 <p>空中写真判読に加えて、敷地近傍では、より詳細な地形データを取得</p> <p>航空レーザー測量の概念図</p> <p>微地形も含めた地形情報をデジタルデータとして取得</p>	 <p>人工地震の発生 (パイロソイスの例)</p> <p>測定状況 (地下からの反射波を受振)</p> <p>探査記録の例 (断面図)</p>
<p>微地形情報に関するデータを捉え、変動地形学的検討のための基礎資料とした</p>	<p>地下構造の情報を捉え、断層の有無や活動性評価の基礎資料とした</p>


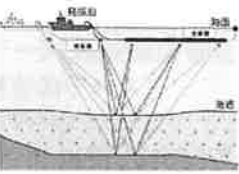

陸域における詳細な地質調査

電気探査	詳細地表地質調査 (はぎ取り調査含む)
 <p>現地測定状況 (地中の電気抵抗を測定し、地層の分布等を推定)</p> <p>測定結果の例 (断面図)</p>	 <p>現地調査状況 (地層が露出していない箇所は、人工的に表土をはぎ取り、露頭させて地層を観察)</p> <p>調査結果の例 (踏査可能な範囲を網羅的に観察)</p>
<p>地下構造の情報を捉え、断層の有無や活動性評価の基礎資料とした</p>	<p>地層の種類や分布を把握するとともに、断層の有無や活動性評価の基礎資料とした</p>

陸域における詳細な地質調査

ボーリング調査	トレンチ調査
 <p>ボーリング掘削状況</p>  <p>ボーリング調査結果の例 (地質断面図)</p> <div data-bbox="343 882 774 949" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>地表付近や地下構造の情報を捉え、断層の有無や活動性評価の基礎資料とした</p> </div>	 <p>今回実施した大規模トレンチの全景 (深さ約20m×奥行き約30m)</p>  <p>トレンチ調査結果の例 (地質断面図)</p> <div data-bbox="866 882 1297 949" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>断層付近の地層を面的に観察し、断層の活動性評価の基礎資料とした</p> </div>

海域における詳細な地質調査

海底地形面調査	海上音波探査、海上ボーリング調査
<p>高密度な海上音波探査 事業者調査 約3,300km 他機関の記録の再解析 約4,400km (産総研、海上保安庁、福井県) (3次元海底面調査も一部実施。左図の線分は海上音波探査の測線)</p>  <p>海底地形図</p> <div data-bbox="343 1944 774 2011" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>海底の地形情報を詳細に捉え、変動地形学的検討のための基礎資料とした</p> </div>	<div data-bbox="799 1382 1038 1554">  <p>海上音波探査の模式図</p> </div> <div data-bbox="1054 1391 1294 1554"> <p><音源> 目的深度に応じて下記の音源を適切に組み合わせて調査を実施 エアガン、スパーカー、ウォーターガン、ジオバルス 等 <受振方式> よりノイズの少ないマルチチャンネル方式を主体</p> </div> <div data-bbox="836 1659 1107 1854">  <p>海上ボーリング掘削状況</p> </div> <div data-bbox="1114 1659 1321 1809"> <p><海底下の地層の堆積状況> ボーリングコアの観察 <海底下の地層の年代特定> 火山灰分析 ¹⁴C年代測定 花粉化石分析 等</p> </div> <div data-bbox="866 1951 1297 2018" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>地下構造の情報を捉え、断層の有無や活動性評価の基礎資料とした</p> </div>

1-2. 活断層の評価

新耐震指針に照らした活断層評価

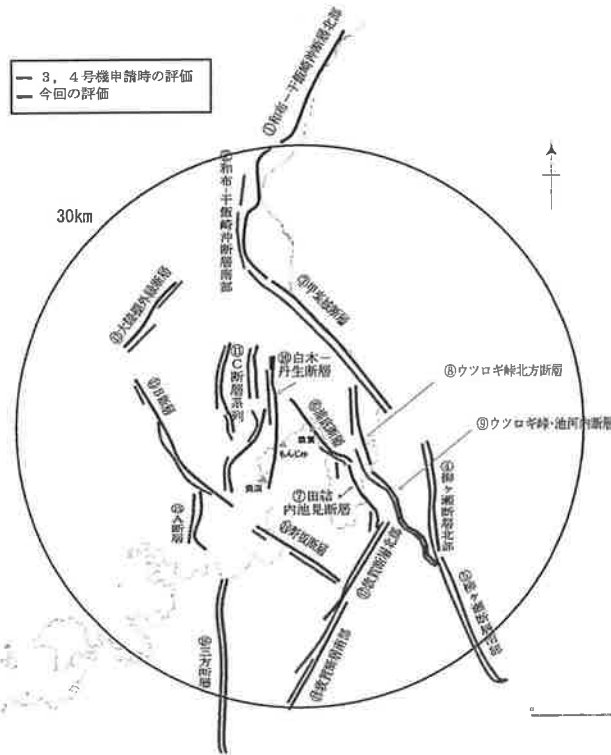
活断層評価に用いた調査データ

- ・敦賀3, 4号機当初申請時までの調査データ(他機関調査含む)
- ・敦賀3, 4号機安全審査における追加調査のデータ
- ・新耐震指針を踏まえた敷地近傍調査のデータ
* 関西電力(株), (独)日本原子力研究開発機構と協調して実施
- ・他機関による調査データ
* 海上保安庁 沿岸海域海底活断層調査「加賀一福井沖」の海上音波探査記録 等

活断層評価の変更理由

1. 改訂指針で活断層の評価対象期間が5万年前以降から後期更新世以降(約12～13万年前以降)となったことに伴う変更
2. 改訂指針で地球物理学的調査や地下構造を踏まえた評価の重要性が明記されたため、性状の類似した近接する断層群を一連としたことによる変更
3. 改訂指針で変動地形学的調査の重要性が明記されたため、これらの調査結果に基づく変更
4. 詳細地表地質調査やトレンチ調査等のより入念な調査結果に基づく変更
5. 最新の調査技術を用いた高精度(高密度, 高分解能)の海上音波探査の結果等に基づく変更

活動セグメント(活断層)の評価結果



耐震設計上 考慮すべき活断層	3, 4号機申請時	今回	変更理由
①和布-千飯崎沖断層北部	-	16km	これまでの最地から30km程度の範囲までを調査していたが、今回は調査範囲を拡張。活断層が北方まで連続すると評価。(地形からは、東側の山地を上昇させる活断層が推定される)
②和布-千飯崎沖断層南部	3.6km, 8.1km	17km	2本の活断層が連続することを確認。
③甲斐城断層	21km	19km	断層北部の一部は、和布-千飯崎沖断層であると評価。
④柳ヶ瀬断層北部	28km	13km	これまでと同様の評価。(北部と南部で走向や活動時期に違いが認められるため2つに区分)
⑤柳ヶ瀬断層南部		18km	
⑥浦底断層	3.8km(南方海域)	10km	これまで後期更新世以降の活動が認められていたことから、新調査指針に照らすと考慮対象の活断層。新たに実施したトレンチ調査等でも再確認。延長海域の断層に連続すると評価。
⑦田結・内池見断層	2.5km, 2km	10km	海域断層と陸域断層は連続すると評価。(走向や断層のずれの方向などが類似)
⑧ウツロギ峠北方断層	5.8km	11km	連続する活断層であることを確認。
⑨ウツロギ峠・池河内断層	16km	13km	海域断層と陸域断層は異なる活断層と評価。(走向や断層のずれの方向などが異なる)
⑩白木-丹生断層	2.4km(北方海域) 6.4km(北方海域)	15km	トレンチ調査等で後期更新世以降の活動を新たに確認。延長海域の断層に連続すると評価。
⑪C断層系列	3.1~7.9km	7~11km	一部で長さが変更となり、3つの活断層として評価。
⑫大陸棚外縁断層	5.4km, 5.1km	10km	連続する活断層であることを確認。
⑬E断層	4.3km, 10.7km	19km	連続する活断層であることを確認。
⑭野坂断層	7.3km, 2.1km	12km	陸域断層と海域断層は連続すると評価。
⑮A断層	6.1km	7km	断層が長くなった。
⑯三方断層	19km	19km	変更なし
⑰萩賀断層北部	18km	11km	活断層の認定基準の変更に伴い、断層の全長が長くなった。(北部と南部で走向などに違いが認められるため2つに区分)
⑱萩賀断層南部	6km	13km	

*追加調査指示のあった山中断層及び柳ヶ瀬山断層については、3, 4号機申請時の評価と同様、考慮対象外と評価

起震断層の評価 (Ss策定のための評価長さの設定)

基準地震動S_sの策定に当たっては、本地域は活断層が数多く近接して分布する地域であるため、今回評価した活断層のうち、性状が類似する活断層群については一連として評価長さを設定

評価長さの設定の考え方の例

(変動地形の状況)

一連の地形を形成してきたと判断される場合、形成に関連する活断層を一連とした。

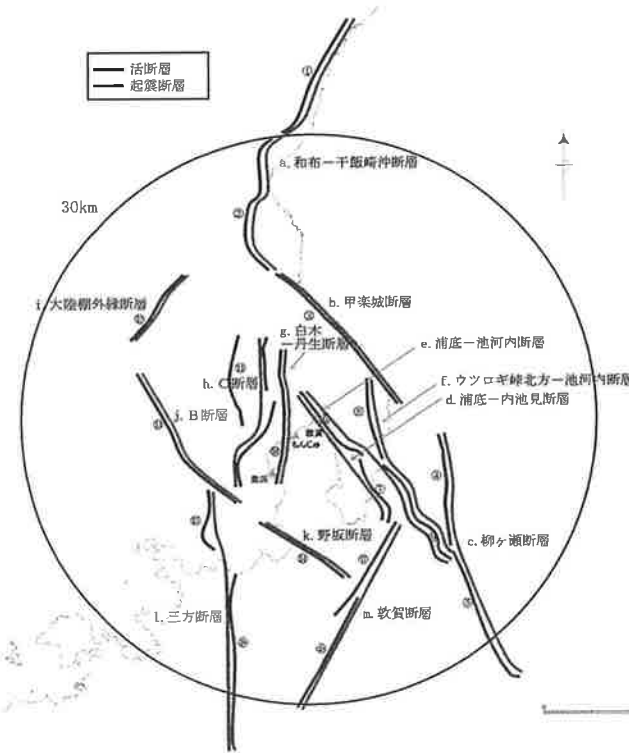
(地下構造の状況:3次元的に見た活断層の地下での連続性)

活断層が地下で不連続ではなく、断層面の走向・傾斜などが類似していると判断される場合、一連とした。

(累積変位量分布)

活断層による地層のずれ量が終息傾向にないと判断される場合、近接する活断層と一連とした。

起震断層の評価 (S_s策定のための評価長さの設定)



耐震設計上 考慮すべき活断層	起震断層	長さ	近接する活断層群を 一連と設定した根拠
①和布一干飯崎沖断層北部	a.和布一干飯崎沖断層	32km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向(東側隆起の逆断層)が類似し、沿岸部の海成段丘面も一連で隆起していることから、一連として評価。
②和布一干飯崎沖断層南部			
③甲斐城断層	b.甲斐城断層	19km	—*
④柳ヶ瀬断層北部	c.柳ヶ瀬断層	28km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向(左横ずれ断層)が類似していることから、一連として評価(これまでの評価と同様)。
⑤柳ヶ瀬断層南部			
⑥浦底断層	d.浦底一内池見断層	18km	これらの活断層は近接しており、海底地層を台地状に隆起させていることからお互いに関連するものと考え、台地状の高まりに見られる西側の活断層群、東側の活断層群、及び走向・傾斜などが類似する浦底断層とウツロギ峠・池河内断層を、それぞれ一連として評価。
⑦田結・内池見断層		25km	
⑧ウツロギ峠北方断層		23km	
⑨ウツロギ峠・池河内断層	f.ウツロギ峠北方一池河内断層	—	—
⑩白木一丹生断層	g.白木一丹生断層	15km	—*
⑪C断層系列	h.C断層	18km	3つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向(東側隆起の逆断層)も類似することから、一連として評価。
⑫大陸棚外縁断層	i.大陸棚外縁断層	10km	—*
⑬B断層	j.B断層	19km	—*
⑭野坂断層	k.野坂断層	12km	—*
⑮A断層	l.三方断層	27km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向(東側隆起の逆断層)も類似することから、一連として評価。
⑯三方断層			
⑰秋賀断層北部	m.秋賀断層	23km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向(右横ずれ断層)も類似することから、一連として評価。
⑱秋賀断層南部			

※ 耐震設計上考慮すべき活断層と同じ長さ

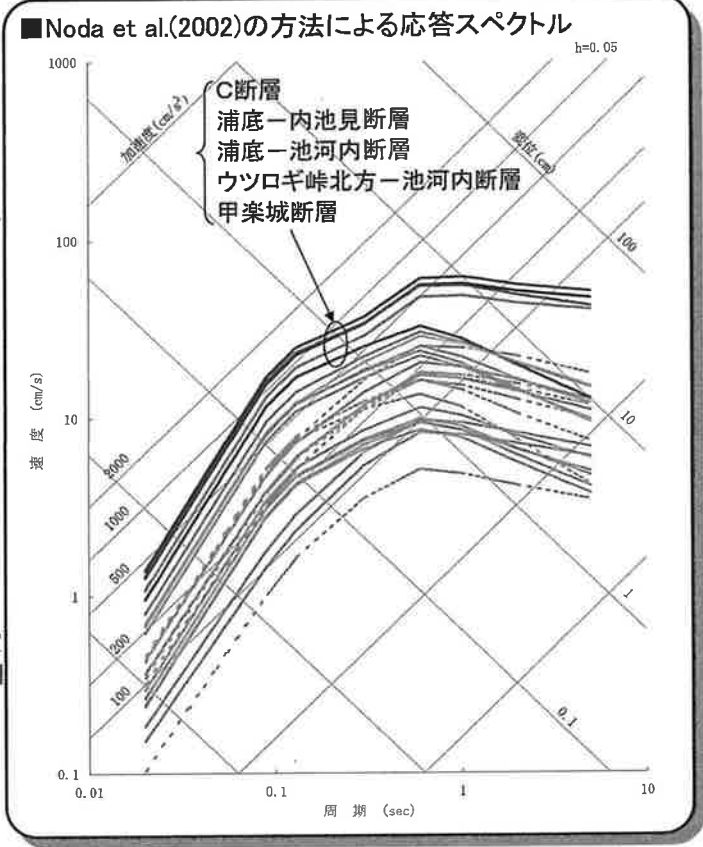
2. 基準地震動S_sの策定

敷地に大きな影響を及ぼす「検討用地震」の選定

- 敷地に影響を及ぼす主な地震
- 1891年濃尾地震
 - 甲楽城断層
 - 柳ヶ瀬断層
 - 浦底一内池見断層
 - 浦底一池河内断層
 - ウツロギ峠北方一池河内断層
 - C断層
 - 三方断層
 - 敦賀断層
- 等

※白木一丹生断層は短い活断層として評価

- 検討用地震
- 敷地に影響を及ぼす地震のうち、特にその影響が大きな5地震を検討用地震として選定。
 - 甲楽城断層
 - 浦底一内池見断層
 - 浦底一池河内断層
 - ウツロギ峠北方一池河内断層
 - C断層



「検討用地震」の地震動評価

■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

「応答スペクトルに基づく手法による地震動評価」

- 検討用地震に対し、調査結果に基づく条件に加えて、不確かさを考慮して地震動を評価。

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」

- 震源が敷地に近く、破壊過程が地震動に大きな影響を与えることから、断層モデルを用いた手法を重視し、「浦底一内池見断層」等の検討用地震の断層面について、破壊開始点を複数設定するなどして地震動を評価。

※「浦底一内池見断層」では、より安全側の評価となる条件を設定。

＜応答スペクトルに基づく手法＞

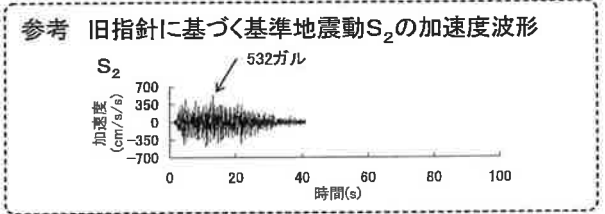
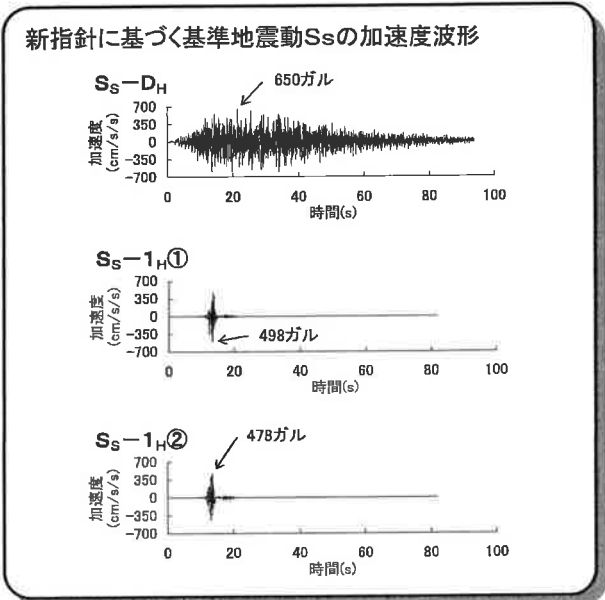
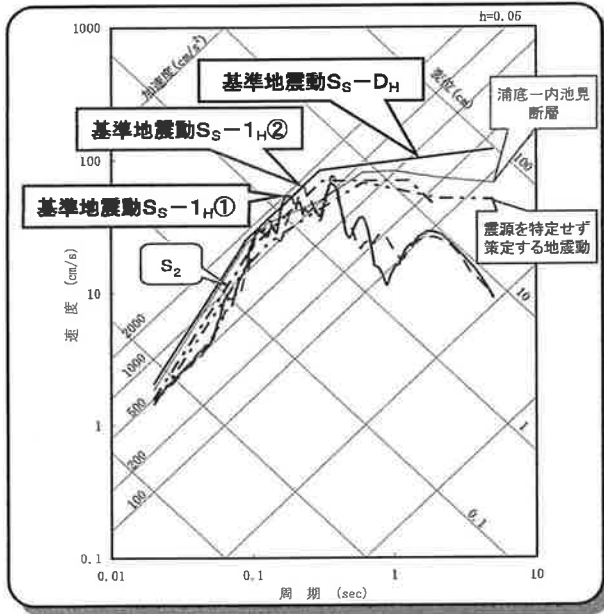
＜断層モデルを用いた手法＞

■震源を特定せず策定する地震動

- 地震調査委員会が「震源を予め特定しにくい地震」と評価された敷地周辺の過去の地震等を分析し、事前に震源を特定可能であったと判断。
- 「震源を特定せず策定する地震動」として、加藤他(2004)による応答スペクトル(450ガル)を想定。
- 「震源を特定せず策定する地震動」は「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による影響を下回る(次葉参照)。

基準地震動 S_S の策定のまとめ

- ・応答スペクトルに基づく手法による地震動に、さらに余裕を考慮し、「基準地震動 S_S-D_H (650ガル)」を設定。
- ・断層モデルを用いた手法による地震動から、「基準地震動 $S_S-1_H①$ (498ガル)」及び「 $S_S-1_H②$ (478ガル)」(いずれも浦底一内池見断層)を2波設定。
- ・孤立した短い活断層(白木一丹生断層)による地震動は、基準地震動 S_S に包絡されることを確認。



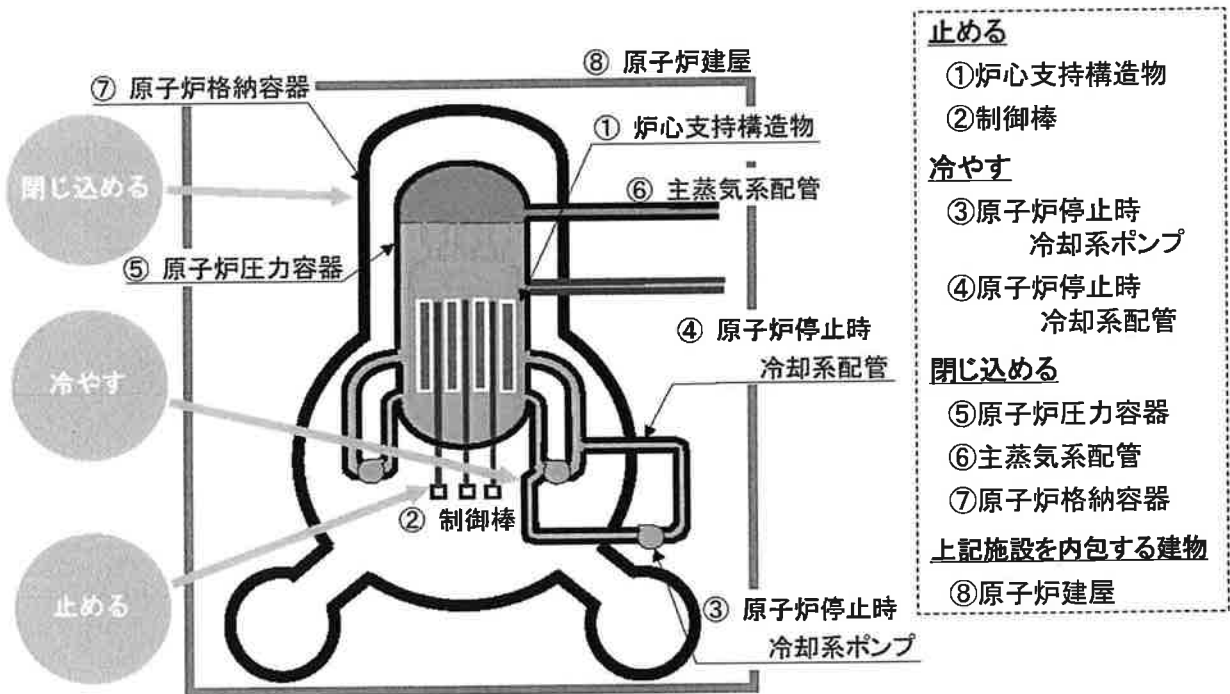
3. 施設の耐震安全性評価

安全上重要な施設の耐震安全性評価方針

1. 新耐震指針に照らした地質・地盤調査結果に基づき策定した基準地震動 S_s に対し、安全上重要な施設の安全機能の保持の観点から評価を行う。
2. 中間報告における評価対象施設は、新耐震指針によるSクラスの施設のうち、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する主要な施設を対象とする。
3. 施設の耐震安全性評価に用いる地震応答解析モデル、評価基準値等については、従来の評価実績、規格・基準等および最新の知見を考慮する。

敦賀発電所1号機

原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する次の主要施設



安全上重要な施設の耐震安全性評価 — 敦賀1号機 —
(評価方法)

(1) 建物・構築物の評価

基準地震動 S_s による時刻歴応答解析により求めた耐震壁の最大応答せん断ひずみと評価基準値を比較

(2) 機器・配管系の構造強度評価

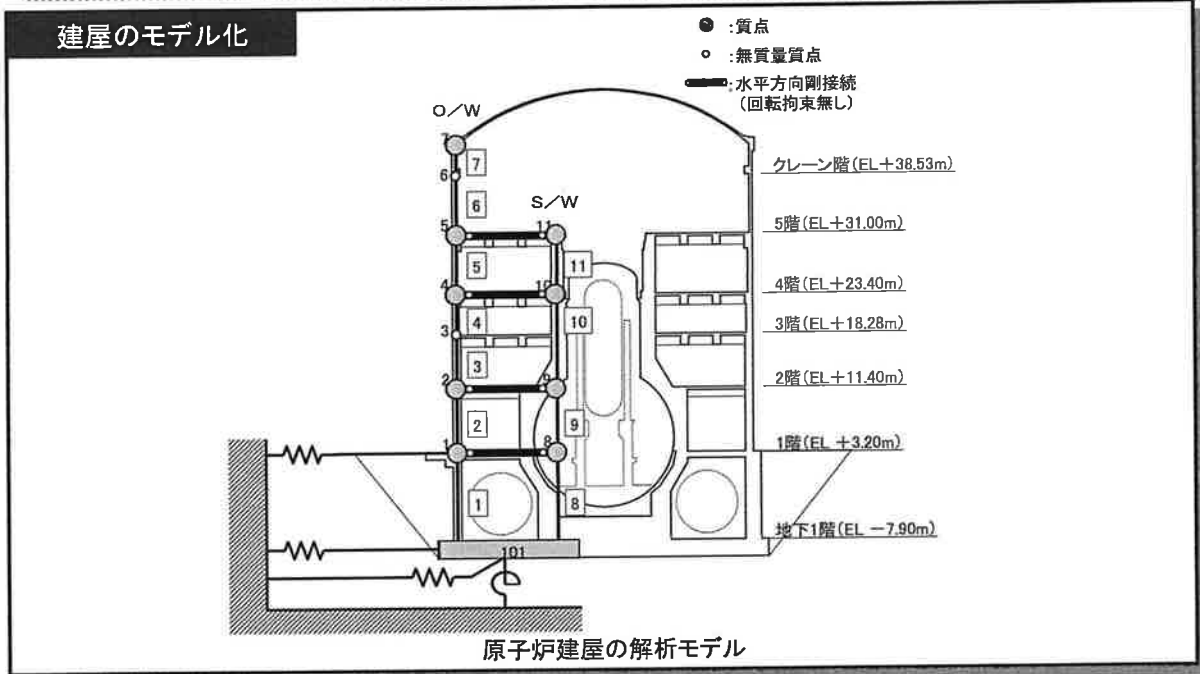
基準地震動 S_s を想定した場合の施設に加わる力(発生値)を算定し、評価基準値(材料毎に定められた許容応力)と比較

(3) 機器・配管系の動的機能維持評価(制御棒挿入性)

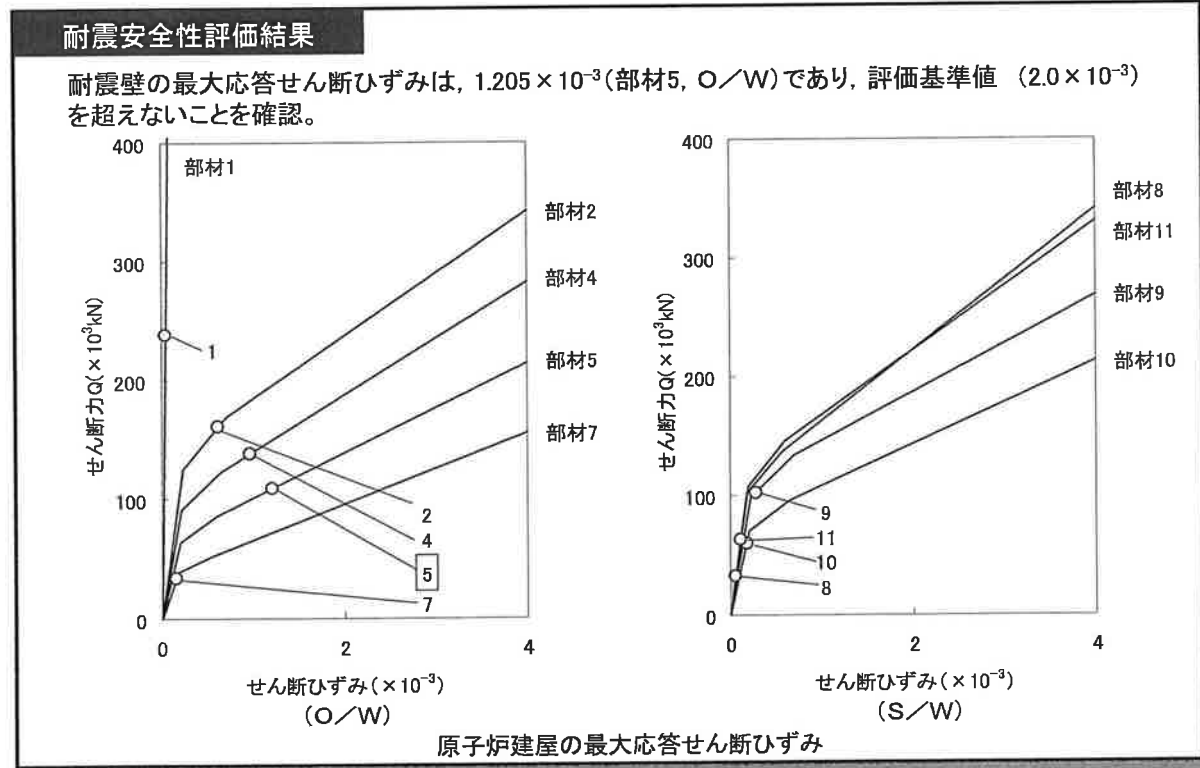
基準地震動 S_s を想定した場合の燃料集合体相対変位を算定し、評価基準値(加振時の挿入試験により規定時間内に制御棒の挿入が確認された燃料集合体の相対変位)と比較

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価 — 敦賀1号機 — (原子炉建屋に関する評価)

建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できる解析モデルを設定



安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価 — 敦賀1号機 — (原子炉建屋に関する評価)



発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性は確保される。

構造強度評価

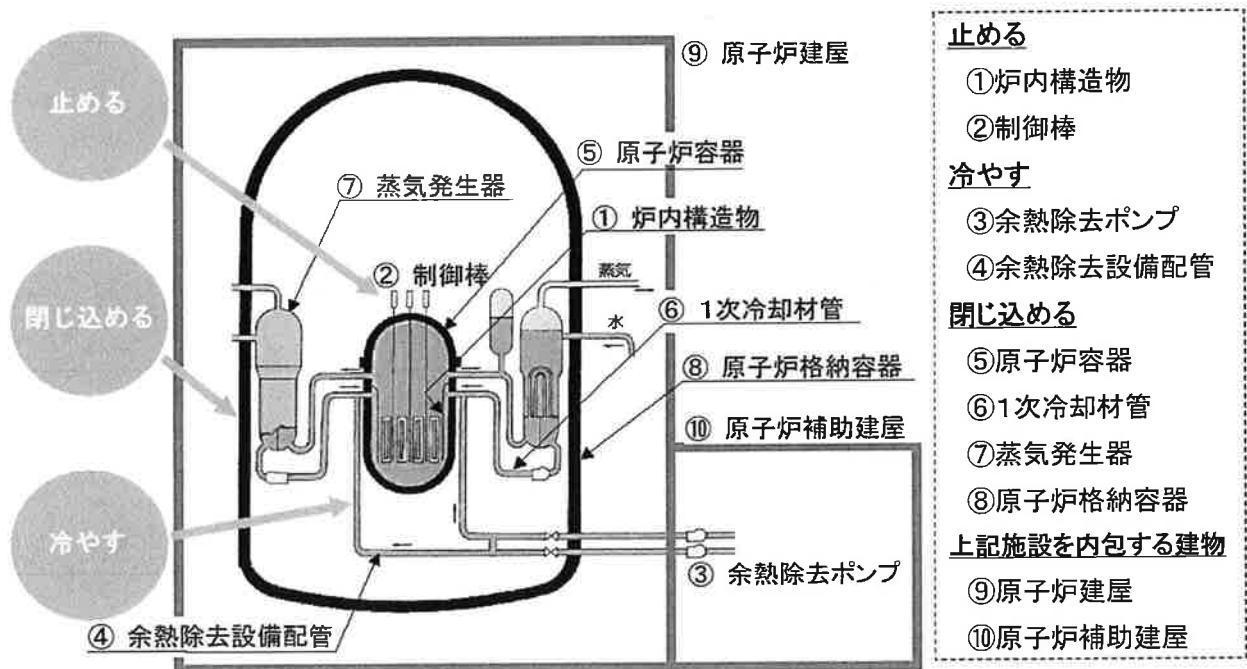
区分	評価対象施設	評価部位	発生値	評価基準値	判定
止める	炉心支持構造物	シユラウトサポート	233 MPa	250 MPa	○
冷やす	原子炉停止時冷却系ポンプ	基礎ボルト	12 MPa	152 MPa	○
	原子炉停止時冷却系配管	配管	214 MPa	363 MPa	○
閉じ込める	原子炉圧力容器	基礎ボルト	102 MPa	207 MPa	○
	主蒸気系配管	配管	224 MPa	364 MPa	○
	原子炉格納容器	ドライウエル	181 MPa	332 MPa	○

動的機能維持評価(制御棒挿入性)

区分	評価対象施設	発生値	評価基準値	判定
止める	制御棒(挿入性)	46.6 mm	80 mm	○

敦賀発電所2号機

原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する次の主要施設



安全上重要な施設の耐震安全性評価 一敦賀2号機一
(評価方法)

(1) 建物・構築物の評価

基準地震動 S_s による時刻歴応答解析により求めた耐震壁の最大応答せん断ひずみと評価基準値を比較

(2) 機器・配管系の構造強度評価

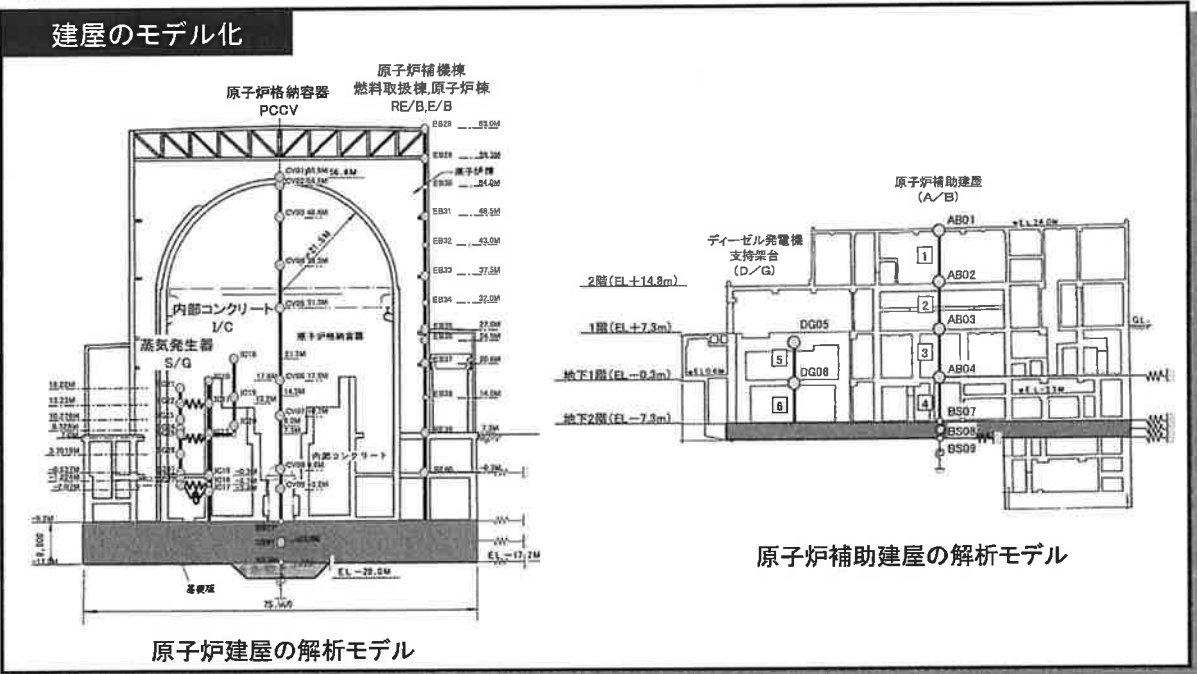
基準地震動 S_s を想定した場合の施設に加わる力(発生値)を算定し、評価基準値(材料毎に定められた許容応力)と比較

(3) 機器・配管系の動的機能維持評価(制御棒挿入性)

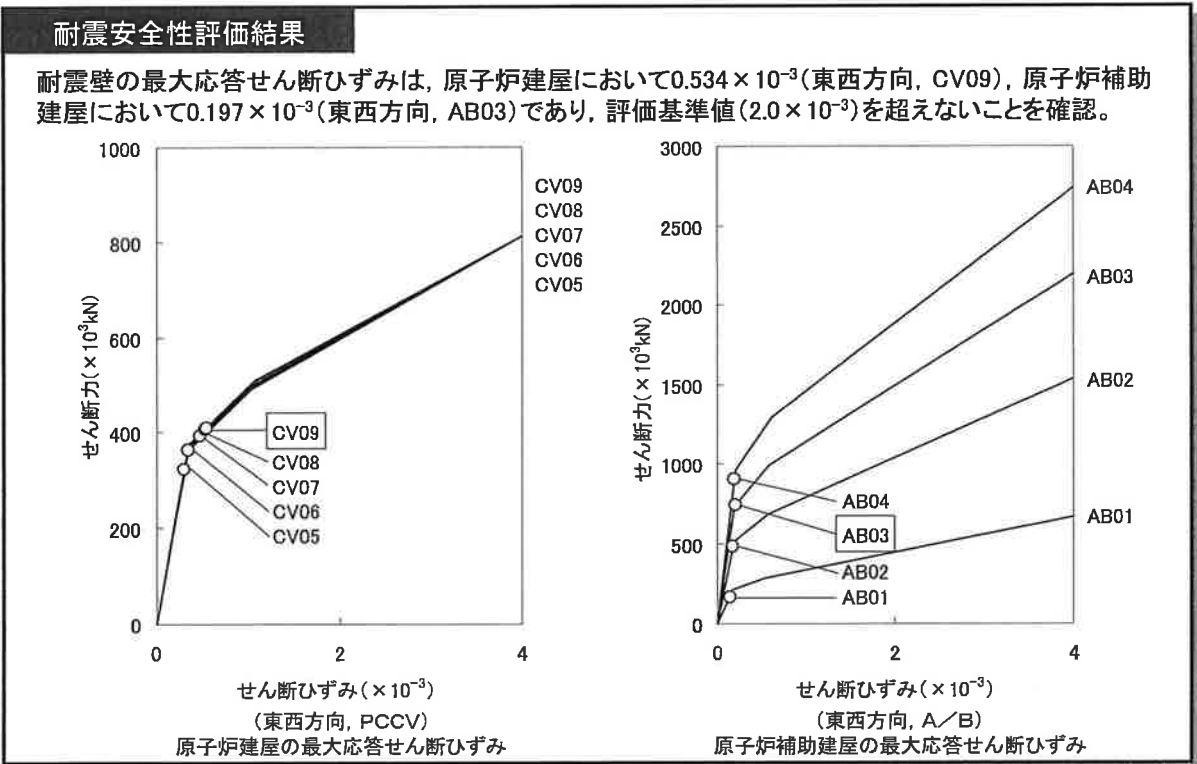
基準地震動 S_s を想定した場合の制御棒挿入時間を算定し、評価基準値(安全評価の解析条件の前提となる制御棒クラスタ落下開始から全ストロークの85%挿入までの時間に電流遮断時から制御棒クラスタの駆動軸が制御棒駆動装置のラッチを離れるまでの時間を加えた時間)と比較

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価 —敦賀2号機— (原子炉建屋および原子炉補助建屋に関する評価)

建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できる解析モデルを設定



安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価 —敦賀2号機— (原子炉建屋および原子炉補助建屋に関する評価)



発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性は確保される。

構造強度評価

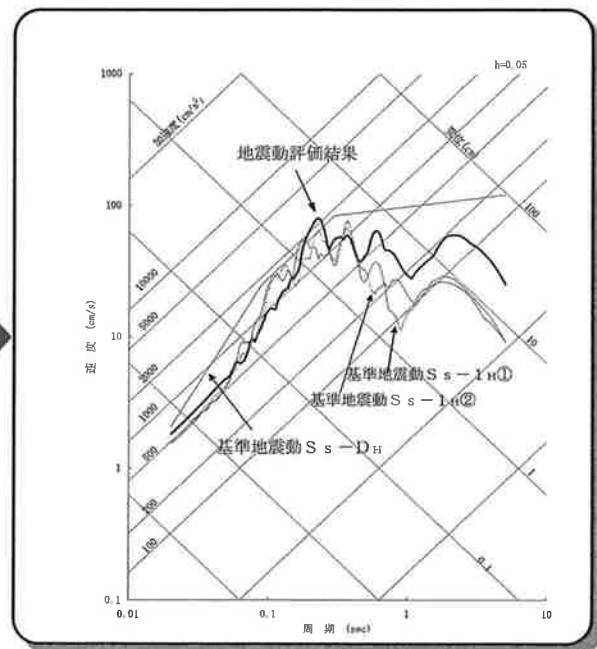
区分	評価対象施設	評価部位	発生値	評価基準値	判定
止める	炉内構造物	炉心そう	120 MPa	391 MPa	○
冷やす	余熱除去ポンプ	基礎ボルト	2 MPa	210 MPa	○
	余熱除去設備配管	配管	197 MPa	361 MPa	○
閉じ込める	原子炉容器	支持構造物	228 MPa	462 MPa	○
	1次冷却材管	配管	128 MPa	347 MPa	○
	蒸気発生器	支持構造物	70 MPa	155 MPa	○

動的機能維持評価(制御棒挿入性)

区分	評価対象施設	発生値	評価基準値	判定
止める	制御棒(挿入性)	2.19 秒	2.5 秒	○

【参考】断層の連動に関する検討

■施設への影響の観点から、断層の連動を検討



■施設への影響評価

断層モデルを用いた手法により地震動評価を行なった結果、一部の周期帯において基準地震動 S_s を上回るため、1,2号機の主要な施設への影響を評価した。その結果、いずれの施設も本地震動に対し安全機能が保持されることを確認した。

今後の予定

- ◆ 平成19年 7月に発生した新潟県中越沖地震を踏まえ、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し、可能な限り早期に完了する旨の指示があったことから、先般 3月31日に、中間報告書を提出
- ◆ 今後、最終報告に向けて、引き続き今回報告以外の設備等の耐震安全性評価を行い、平成21年 3月には敦賀発電所の耐震安全性評価結果報告書を提出する予定

終 了