

原子力発電所の耐震安全性の確保に 向けての原子力安全・保安院の対応

平成19年8月27日

原子力安全・保安院

原子力発電所の耐震安全性の確保に向けての原子力安全・保安院の対応

1. 厳正な安全審査の実施

2. 安全審査以外にも様々な対応を実施

(1) これまでの対応例

平成7年の指針策定前の発電所に対するバックチェック

大型振動台による設備の耐震性の実証試験

地震に対する対応例

(平成17年宮城県沖地震、平成19年能登半島地震の例)

(2) 新指針策定を踏まえた対応

(3) 新潟県中越沖地震を踏まえた対応

安全審査 1

安全審査は、どのように行っているか

1) 一次審査(原子力安全・保安院による安全審査)

(1) 申請内容が耐震指針に適合しているかどうか確認。

(2) 具体的には、

地震学、地質学、耐震工学等の専門家の意見を聴き、安全審査。
専門家とともに、現地調査(敷地周辺の活断層、敷地の地質・地質構造(試掘坑、ボーリングコア等の調査)など)を行い、安全審査に反映。

2) 二次審査(原子力安全委員会による安全審査)

(1) 原子力安全・保安院の安全審査結果が耐震指針に適合しているかどうか確認。

(2) 具体的には

地震学、地質学、耐震工学等の専門家が直接、安全審査。
専門家が、現地調査(敷地周辺の活断層、敷地の地質、地質構造(試掘坑、ボーリングコア等の調査)など)を行い、安全審査に反映。

安全審査 2

福島第一、第二原子力発電所の場合は、

	耐震指針策定前に 安全審査	耐震指針策定後に 安全審査
福島第一原子力発電所	1 ~ 6 号機	—
福島第二原子力発電所	1 ・ 2 号機	3 ・ 4 号機

- 1) 福島第二原子力発電所3・4号機は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下、「耐震指針」という。)に基づき安全審査。
- 2) 福島第一原子力発電所1～6号機及び福島第二原子力発電所1・2号機は、耐震指針に基づいた安全審査は行われていないので、平成7年、耐震指針に照らしても耐震安全性が確保されることを公表(平成7年バックチェック)。

平成7年バックチェック 1

バックチェックはどのように行われたのか

耐震指針策定前の原子力発電所について、耐震指針に従い、歴史地震、敷地周辺陸域及び海域の活断層による地震、地震地体構造上地震、直下地震(マグニチュード6.5)を考慮して、基準地震動を策定。

耐震安全上重要な建物・構築物、機器・配管が基準地震動に対して機能が損なわれることなく、耐震安全性が確保されることを確認。

平成7年バックチェック 2-

例) 福島第一原子力発電所1号機のバックチェック結果

主な項目		福島第一原子力発電所1号機	
確認用基準地震動に考慮した地震	過去の地震		陸前の地震(M7.6, 66km)
	活断層	S1対象	該当なし
		S2対象	双葉断層(M6.9, 35km)
	地震地体構造		プレート境界付近にM7.8, 50km,及び福島盆地西縁断層系にM7.5, 65kmの地震をそれぞれ考慮
	直下地震		M6.5,X10km
基準地震動の最大値	最大速度振幅	S1地震動	12.2 Kine
		S2地震動	20.8 Kine ^{*1} 13.6Kine ^{*2}
	最大加速度	S1地震動	180 gal
		S2地震動	270 gal ^{*1} , 370 gal ^{*2}
評価結果 S2地震動	原子炉圧力容器	応答値	12.6 kg/mm ²
		許容値	44.7 kg/mm ²
	炉内構造物	応答値	4.5 kg/mm ²
		許容値	23.9 kg/mm ²
	主蒸気配管	応答値	23.5 kg/mm ²
		許容値	37.4 kg/mm ²
	停止時冷却ポンプ(1F1) 残留熱除去ポンプ(2F1)	応答値	1.1 kg/mm ²
		許容値	21.2 kg/mm ²
	格納容器	応答値	1.6 kg/mm ²
		許容値	39.0 kg/mm ²
	原子炉建屋(耐震壁)	応答値	0.08 × 10 ⁻³ rad
		許容値	2.00 × 10 ⁻³ rad
	制御棒の挿入性		地震時制御棒挿入性試験及びS2地震による地震応答解析からS2地震時においても設計時間内に制御棒が挿入出来ることを確認している。
	*1直下地震以外 *2直下地震 M:マグニチュード X:震央距離 rad:せん断歪角		

平成7年バックチェック 2-

例) 福島第二原子力発電所1号機のバックチェック結果

主な項目		福島第二原子力発電所1号機	
確認用基準地震動に考慮した地震	過去の地震	福島県東方沖地震(M7.7, 64km) 磐城・常陸・安房・上総・下総の地震(M7.4, 54km)	
	活断層	S1対象	海域の断層(M7.0, 35km)
		S2対象	大谷断層(M6.8, 43km)
	地震地体構造	本州孤外側地震帯にM7.8, 50km.及び東北中央地震帯にM7.5, 75kmの地震をそれぞれ考慮	
直下地震	M6.5,X10km		
基準地震動の最大値	最大速度振幅	S1地震動	12.1 Kine
		S2地震動	17.1 Kine ^{*1} 13.6 Kine ^{*2}
	最大加速度	S1地震動	180 gal
		S2地震動	270 gal ^{*1} , 370 gal ^{*2}
評価結果 S2地震動	原子炉圧力容器	応答値	26.9 kg/mm ²
		許容値	44.7 kg/mm ²
	炉内構造物	応答値	2.1 kg/mm ²
		許容値	23.9 kg/mm ²
	主蒸気配管	応答値	25.6 kg/mm ²
		許容値	37.4 kg/mm ²
	停止時冷却ポンプ(1F1) 残留熱除去ポンプ(2F1)	応答値	0.4 kg/mm ²
		許容値	50.1 kg/mm ²
	格納容器	応答値	1.9 kg/mm ²
		許容値	38.7 kg/mm ²
	原子炉建屋(耐震壁)	応答値	0.10 × 10 ⁻³ rad
		許容値	2.00 × 10 ⁻³ rad
	制御棒の挿入性	地震時制御棒挿入性試験及びS2地震による地震応答解析からS2地震時においても設計時間内に制御棒が挿入出来ることを確認している。	
	*1直下地震以外 *2直下地震 M:マグニチュード X:震央距離 rad:せん断歪角		

大型振動台による設備の耐震性の実証試験 1

1. 多度津大型振動台を利用し試験(概要)

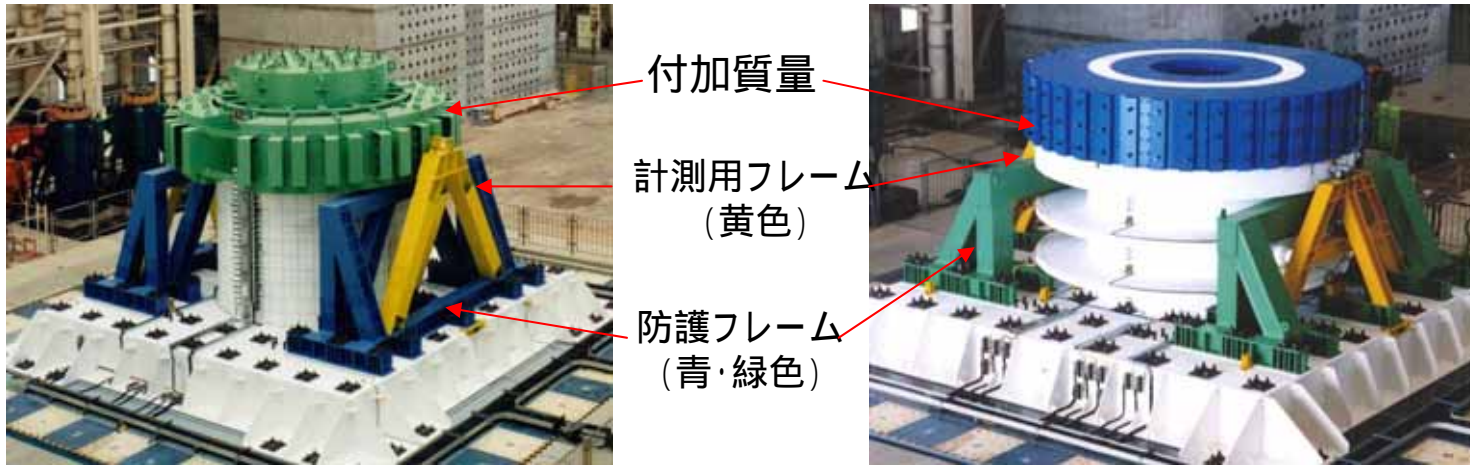
S55	S60	S63	H1	H5	H10	H15	H17	H19
フェーズ (機器単体の実証) 原子炉格納容器(PWR, BWR)、原子炉(圧力)容器(PWR, BWR)、 炉内構造物(PWR, BWR)、再循環系配管(BWR)、一次冷却設備(PWR)								
フェーズ (システム機能の実証) 非常用ディーゼル発電機システム、電算機システム、 原子炉停止時冷却系								
フェーズ (新技術・機能限界の実証) 主蒸気系、コンクリート製原子炉格納容器 (PCCV/RCCV)、 制振サポート支持重機器、配管終局試験								
(財) 原子力発電技術機構						規制基準整備に関連する試験 機器耐力試験 (電気盤、ポンプ、制御棒挿入性) (独) 原子力安全基盤機構		

建設当初の試験: 大型安全関連施設を実機大で加振し耐震性を実証

兵庫県南部地震(H7/1)以降: 耐震余裕検証のために試験を実施

大型振動台による設備の耐震性の実証試験 2

コンクリート製原子炉格納容器の耐震限界試験の例



プレストレスト・コンクリート製格納容器
(PWR用、約1/10、全重量760t)

鉄筋コンクリート製格納容器
(ABWR用、約1/10、全重量600t)

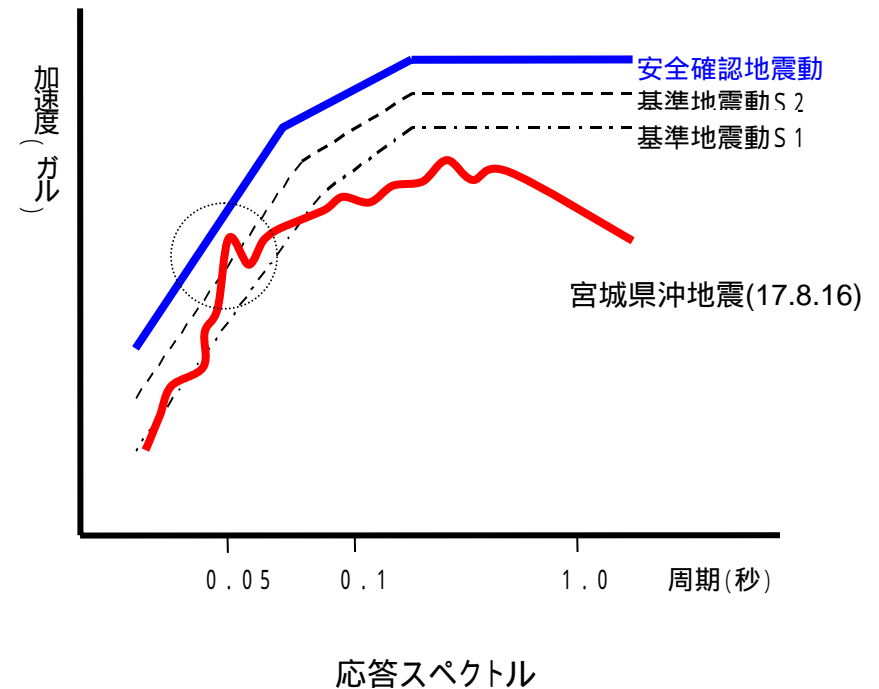
(コンクリート製原子炉格納容器試験の成果)

- ・5～7倍の加速度の加振に対しても耐震余裕を有すること確認。

地震に対する対応 1

平成17年8月16日宮城県沖地震(M7.2)の対応

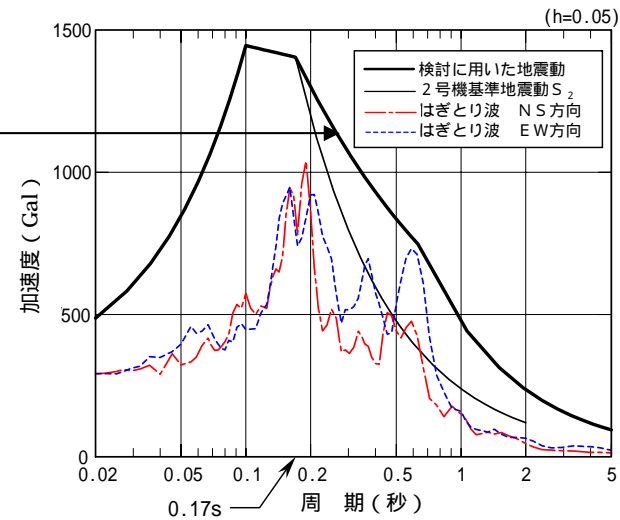
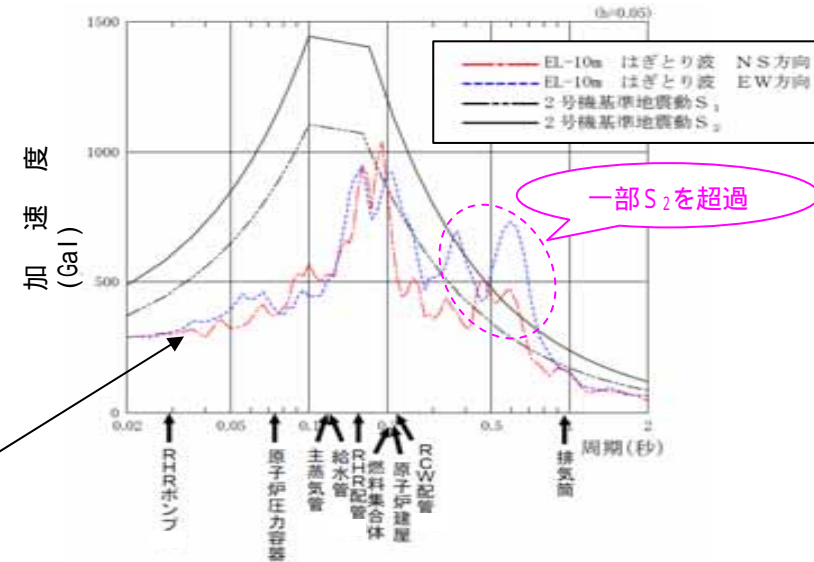
1. 平成17年8月16日の宮城県沖地震により、女川原子力発電所で観測された地震動による応答スペクトルが基準地震動の応答スペクトルを一部の周期で超えた。
2. このため、原子力安全・保安院は、東北電力(株)に対し、その要因分析と耐震安全性の確認を行うよう指示。
3. 分析の結果、宮城県沖近海のプレート境界地震は、福島や東通周辺で発生するプレート境界地震に比べ短周期の地震動が卓越する地域特性をもつことが要因。
4. 平成17年8月16日の宮城県沖地震の観測記録を用いて、女川原子力発電所の安全上重要な建物・構築物、機器・配管の健全性を確認。
5. さらに、要因を踏まえ、宮城県沖で発生する地震としてM8.2の地震を想定し、安全確認地震動(580ガル)を策定。
6. 安全確認地震動を用いて、女川原子力発電所の安全上重要な建物・構築物、機器・配管の機能が保持されることを確認。



地震に対する対応 2

平成19年能登半島地震(M6.9)に対する対応

- 平成19年3月25日能登半島地震により、志賀原子力発電所で観測された地震動の応答スペクトルが基準地震動の応答スペクトルを長周期部分など一部の周期で超えた。
- このため、原子力安全・保安院は、北陸電力(株)に対し、耐震安全性の確認を行うよう指示。
- 平成19年3月25日の能登半島地震の観測記録を用いて、志賀原子力発電所の安全上重要な建物・構築物、機器・配管の健全性を確認。
- さらに、能登半島地震による応答スペクトルを上回る応答スペクトルを設定し、これを用いて志賀原子力発電所の安全上重要な建物・構築物、機器・配管の健全性を確認。
- また、能登半島地震の震源の周辺海域の活断層調査結果等、能登半島地震から得られる知見を考慮して、新指針に照らした耐震安全性評価を実施し、その結果について厳正に確認する予定。



加速度応答スペクトル

新耐震指針の策定を踏まえた対応

平成18年9月19日、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(新耐震指針)決定

平成18年9月20日、新指針決定を受け、原子力安全・保安院は各原子力事業者に指示。

- 新指針に照らして既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価を行い当院に報告すること。
- 耐震安全性の評価の実施に先立ち、事業所毎に評価に係る対象施設、期間等を示した実施計画書を作成し、作業後遅滞なく当院に報告すること。

指示に基づき、

- 平成18年10月18日 各原子力事業者から実施計画書が報告。
- 平成19年1月、2月 中部電力(株)浜岡原子力発電所の4号機、3号機の耐震安全性の評価結果が報告。

原子力安全保安院は、耐震・構造設計小委員会において、浜岡原子力発電所3・4号機の耐震安全性評価結果について検討を実施中。

新潟県中越沖地震を踏まえた対応

7月16日

基準地震動を超える地震動が観測されたことから、東京電力に対し、地震観測データの分析と安全上重要な設備の耐震安全性の確認と報告を指示。

7月20日

経済産業大臣から電力会社等に対し、新潟県中越沖地震を踏まえた対応として、国民の安全を第一とした耐震安全性の確認を指示。

- ・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すること。
- ・可能な限り早期に評価を完了できるよう、実施計画の見直しについて検討を行い、1ヶ月を目途に検討結果を報告すること。

7月31日

平成19年新潟県中越沖地震が柏崎刈羽原子力発電所に及ぼした具体的な影響についての事実関係の調査を行うとともに、当該地震を踏まえた国及び原子力事業者の今後の対応について取りまとめるため、総合エネルギー調査会原子力保安部会の下に「中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会」を設置し、既設の「耐震・構造設計小委員会」及び「原子力防災対策小委員会」との連携のもと、審議を開始。

8月24日

「耐震・構造設計小委員会」を開催し、観測データ等の分析により今回の地震の観測値が設計を上回った要因、今回の地震による柏崎刈羽原子力発電所への影響の検討、同発電所の今後の耐震安全性評価に反映すべき事項の検討と想定される地震動に対する耐震安全性の確認、他の原子力発電所に反映すべき事項の検討を開始。

今後の福島第一、第二原子力発電所の耐震安全性に対する保安院の対応

実施計画書の見直し結果を踏まえ、

東京電力が本年度中に、地質調査とこれに基づく基準地震動の策定を概ね終了し、福島第一、第二発電所それぞれ1プラントを対象に主要設備について、改訂された耐震指針に照らして耐震安全性を評価した結果を厳正に確認。

福島第一、第二の全号機について、改訂された耐震指針に照らした耐震安全性の評価結果を厳正に確認。

また、東京電力(株)が自主的に行う柏崎刈羽原子力発電所の原子炉建屋基礎版上で観測された地震動と同様の地震動に対する安全機能維持についても確認。

(参考資料)

新指針の主な改定点

項目	旧指針	新指針
重要度分類	A _s 、A、B、C	S(A _s + A)、B、C
基準地震動	基準地震動 S ₁ (水平) 基準地震動 S ₂ (水平) (鉛直地震力は静的地震力として考慮)	基準地震動 S _s (水平・鉛直)
考慮する地震	基準地震動 S ₁ 過去の地震 活断層 (活動度:高、1万年以降) 基準地震動 S ₂ 活断層 (活動度:低 5万年以降) 地震地体構造上の地震 直下地震	基準地震動 S _s 「震源を特定して策定する地震動」 内陸地殻内地震(活断層) プレート間地震 海洋プレート内地震 「震源を特定せず策定する地震動」

項目	旧指針	新指針
活断層評価	<p>基準地震動S1 活動度の高い活断層であって、1万年前以降活動したものの。</p> <p>基準地震動S2 活動度の低い活断層であって、5万年前以降活動したものの。</p>	<p>基準地震動Ss</p> <p>後期更新世(12万年～13万年前)以降活動したものを考慮</p> <p>活断層調査は、敷地からの距離に応じ、既存の文献の調査、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、十分な調査を実施することとする。特に、敷地近傍においては、精度の高い詳細な調査を行う必要がある。</p>

項目	旧指針	新指針
直下地震	「直下地震」 M6.5	「震源を特定せず策定する地震動」 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に策定する。 策定された地震動の妥当性については、申請時点の最新の知見に照らして個別に確認すべきである。なお、その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等を必要に応じて参考とすることが望ましい。

項目	旧指針	新指針
地震動評価手法	応答スペクトルに基づく地震動評価	<p>応答スペクトルに基づく地震動評価</p> <p>断層モデルによる地震動評価</p>
残余のリスク	- - -	<p>施設の設計に当たっては、策定された地震動を上回る地震動が生起する可能性に対して適切な考慮を払い、基本設計の段階のみならず、それ以降の段階も含めて、「残余のリスク」の存在を十分認識しつつ、それを合理的に実効可能な限り小さくするための努力が払われるべきである。</p>

「残余のリスク」

策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生することのリスク、施設から大量に放射性物質が拡散される事象が発生することのリスク、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことのリスク。