

「耐震設計審査指針の改訂に伴う独立行政法人日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉もんじゅ 耐震安全性に係る報告の評価について」に関する原子力安全委員会の見解  
説明資料

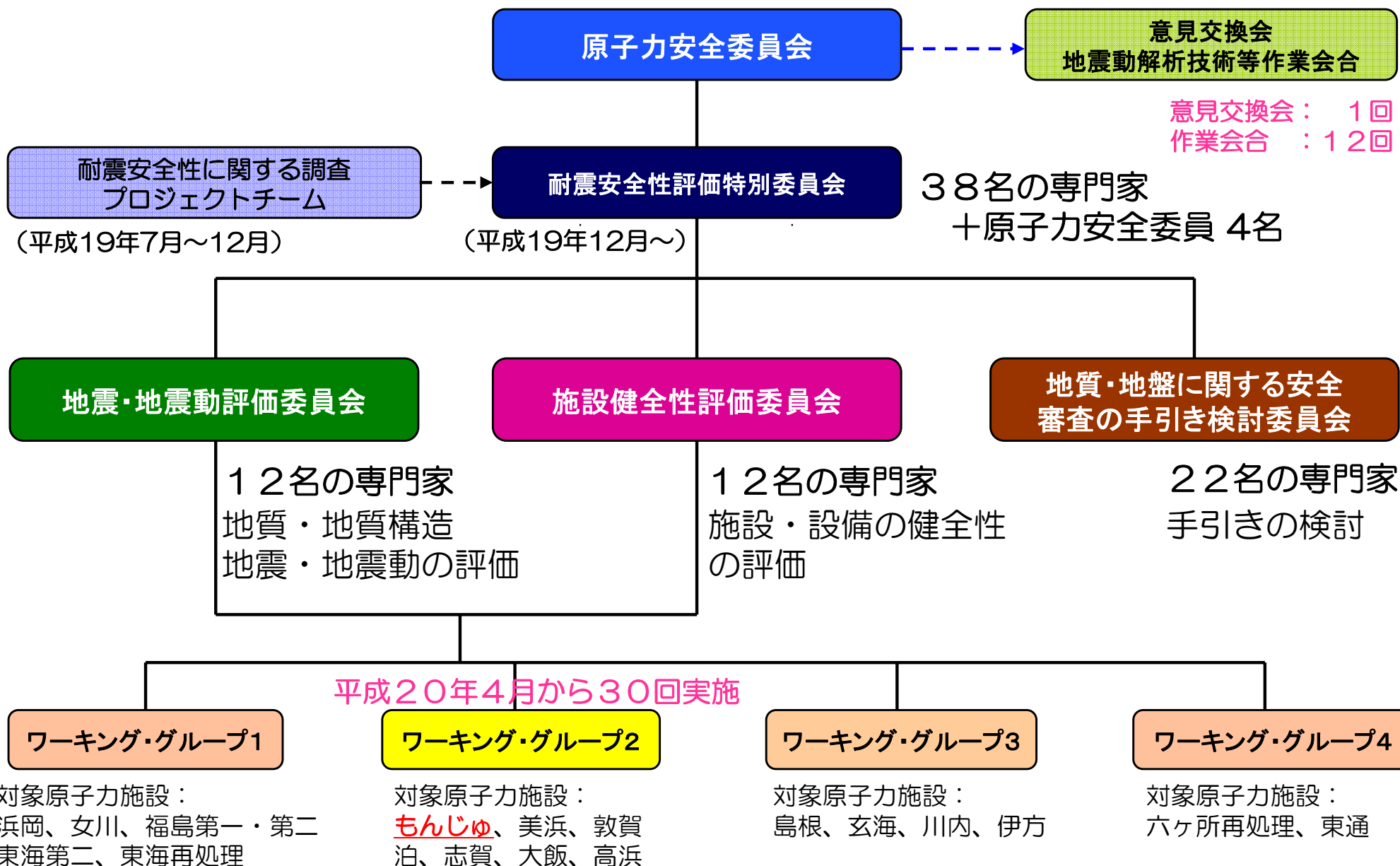
平成22年3月29日  
原子力安全委員会事務局  
審査指針課

## 原子力安全委員会の役割

- 安全に係る科学的判断をより確実にを行うため、原子力安全・保安院などの規制行政庁とは別に原子力安全委員会が設置。関連分野の専門家が専門的・中立的な立場から議論を尽くし、自ら判断する。
- 規制行政庁に対し、あらかじめ検討に当たって考慮すべき点を提示。また、検討・報告内容をチェックし、意見を表明し、必要があれば勧告や報告聴取を行う。
- 検討の過程は公開し、判断の透明性を確保する。
- 原子力施設の耐震安全性に関する調査審議体制を強化するため、耐震安全性に関連する分野の多数の専門家からなる「耐震安全性評価特別委員会」を平成19年12月に設置し、これまで検討を重ねてきた。

# 調査審議の体制

平成22年3月16日現在



# 耐震安全性評価特別委員会の構成員

## 耐震安全性評価特別委員会

以下38名 + 原子力安全委員 4名

委員長	：	入倉孝次郎	(愛知工業大学)			
副委員長	：	秋山 宏	(東京大学)	佃 栄吉	(産業技術総合研究所)	
委員	：	池田 安隆	(東京大学)	石田 瑞穂	(海洋研究開発機構)	
		伊藤 智博	(大阪府立大学)	大谷 圭一	(防災科学技術研究所)	
		岡本 孝司	(東京大学)	奥村 晃史	(広島大学)	
		鹿島 光一	(電力中央研究所)	加瀬 祐子	(産業技術総合研究所)	
		釜江 克宏	(京都大学)	川瀬 博	(京都大学)	
		京谷 孝史	(東北大学)	隈元 崇	(岡山大学)	
		桑原 文夫	(日本工業大学)	越村 俊一	(東北大学)	
		古関 潤一	(東京大学)	小長井一男	(東京大学)	
		笹谷 努	(北海道大学)	白鳥 正樹	(横浜国立大学)	
		住田 裕子	(ふじ合同法律事務所)	高倉 吉久	(東北放射線科学センター)	
		高橋 滋	(一橋大学)	谷 和夫	(横浜国立大学)	
		塚田 隆	(日本原子力研究開発機構)	徳山 英一	(東京大学)	
		中西 友子	(東京大学)	中埜 良昭	(東京大学)	
		中村友紀子	(新潟大学)	西村 昭	(産業技術総合研究所)	
		東原 紘道	(防災科学技術研究所)	松岡 裕美	(高知大学)	
		宮下由香里	(産業技術総合研究所)	持尾 隆士	(近畿大学)	
		山岡 耕春	(名古屋大学)	山崎 晴雄	(首都大学東京)	
		米山 望	(京都大学)			

# 新耐震指針によるバックチェックについて

# 新耐震指針のポイント

1. 最新の調査手法を総合した徹底的な活断層調査  
(調査対象範囲拡大、変動地形学等の重視、連動性の考慮等)
2. 基準地震動の評価方法の高度化
  - ① 「震源を特定して策定する基準地震動」の評価方法の最新化  
(敷地近くは断層モデル重視、3次元的地域特性・地盤特性等の考慮、不確かさの考慮、等々)
  - ② 「震源を特定せず策定する地震動」の敷地ごとの評価  
(詳細な調査により活断層が発見できない場合を想定した地震動も評価)
  - ③ 基準地震動 ( $S_s$ ) による安全設計の余裕・信頼度について、  
弾性設計用地震動 ( $S_d$ ) による確認要求 等

# 新手引きのポイント

1. リニアメント重視から地形発達過程（地形の成因を含む）重視への移行  
（成因を重視した変動地形学的調査、地表地質調査及び地球物理学的調査、活断層に加え、活撓曲や活褶曲等についても十分に調査）
2. 各手法による調査結果の総合的な検討の重要性  
（各手法で調査結果が異なる場合はそれらの結果を相互比較して妥当性を検証し、総合的に判断）
3. 断層の三次元的形状の把握の重要性  
（三次元弾性波探査等を使用し、活断層の三次元構造を可能な限り把握）
4. 一貫した考え方に基づく活断層の認定  
（活断層の認定については、一貫した認定の考え方により判断）
5. 必要に応じ調査原資料に立ち返った審査  
（安全審査に当たっては、できる限り原資料を確認）

## どのようにして耐震安全性を再確認するか？

1. 現時点の最新の科学的知見を反映して安全性を確認する。
2. 科学的不確かさが評価に与える影響を考慮し、それでも安全が確保されるようにする。
3. 専門家が徹底的に議論を尽くし、論点を可能な限り俎上に載せて検討する。



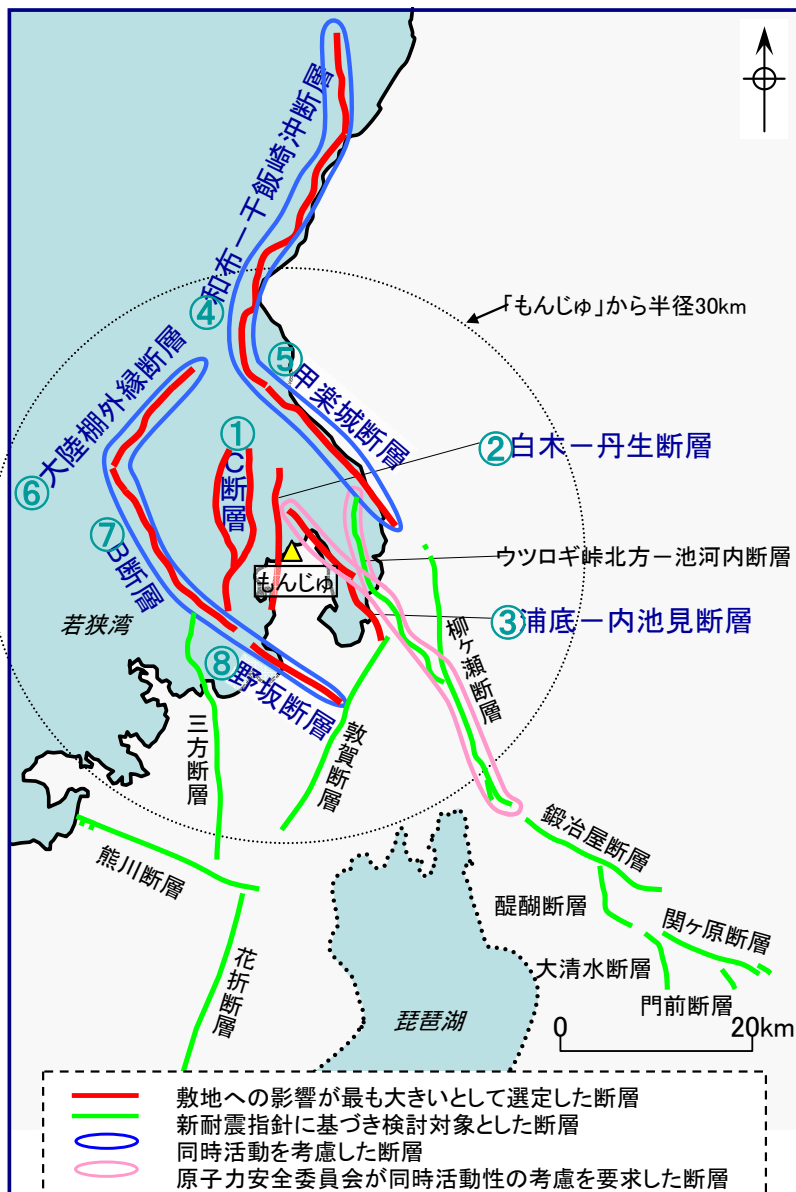
# 科学的不確かさの考慮

1. 評価に当たっての不確かさの考慮  
(地質調査結果、地震記録、地震学的知見を踏まえ、影響が大きなパラメータを考慮した評価)
  - ① 活断層等評価に当たっての不確かさの考慮  
各種調査手法を駆使して総合的に評価、短くて孤立した断層を考慮、連動性を考慮、等々
  - ② 地震動評価に当たっての不確かさの考慮  
断層モデル重視（特に、震源が近い場合）、地震動を過小評価しないように条件を設定、等々
  
2. 建屋基礎下の入力地震動と設備健全性の安全余裕の確保  
土木・建築、機械設計における安全余裕の確保、等々

## もんじゅ耐震安全性に係る原子力安全委員会の見解

# 1. 敷地周辺の活断層の保安院の評価結果（概要）

■ もんじゅ周辺海域及び陸域において、基準地震動を策定する上で敷地への影響が最も大きいとして選定した活断層



断層名	断層長さ	マグニチュード (M)	同時活動の考慮
①C断層	18km	6.9	—
②白木-丹生断層	15km	6.9	—
③浦底-内池見断層	18km	6.9	—
④和布-干飯崎冲断層	42km	7.8	同時活動を考慮 断層長さ60km
⑤甲楽城断層	19km		
⑥大陸棚外縁断層	14km	7.7	同時活動を考慮 断層長さ49km
⑦B断層	21km		
⑧野坂断層	12km		

↓

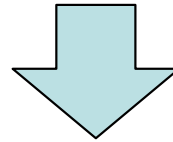
基準地震動の最大加速度		(単位：ガル)
基準地震動S <sub>s</sub>		760
旧耐震指針に基づく基準地震動S <sub>2</sub>		466

## 2. 原子力安全委員会での主要な論点

- 活断層評価(活動性、三次元構造等)
- 海上音波探査記録等の原資料の確認
- 活断層の同時活動性
  - 確認用地震動(同時活動性の追加検討)
- 震源が敷地に近い場合の応答スペクトル法の適用性
- 震源を特定せず策定する地震動の妥当性の検証
  
- 弾性設計用地震動Sd設定の考え方及び旧耐震指針との設計の連続性
- 機器・配管系の構造強度評価及び制御棒挿入性評価
  
- 原子炉建物基礎地盤の安定性評価
- 地盤の安定性及び地震随伴事象(津波、周辺斜面の安定性)に対する安全評価

### 3. 活断層調査・認定について

- もんじゅ敷地の近傍には、活断層が近接して多く分布していることから、それらの活動性、三次元構造等及び同時活動性について、保安院の実施した海上音波探査記録も確認しつつ慎重に検討を行った。



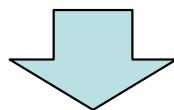
敷地周辺の地質・地質構造については、既存文献の調査、地形発達過程を重視した変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等について、「手引き」や「検討のポイント」に沿って詳細に検討・評価されている。

### 3. 活断層調査・認定について

- 同時活動性の検討においては、松田（1990）による活断層が同時活動するか否かの判断基準の適用に際して、基となった起震断層の考え方、活動性（累積変位）、変位速度、力学的観点、3次元構造のイメージング、応力場及びブロックの設定等を考慮して考えることが重要である。

原子力機構の同時活動性の基本的考え方は、これらを踏まえて検討がされていることから、基本的考え方として問題はないと考える。

- ウツロギ峠北方一池河内断層と柳ヶ瀬断層の同時活動性以外の断層の同時活動性の考え方は、地形・地質学的調査結果等の観点からみて矛盾はないことから妥当。



ウツロギ峠北方一池河内断層と柳ヶ瀬断層について追加検討を要請

# 主要な論点：同時活動性の追加検討

—原子力安全委員会の要請事項—

- ①ウツロギ峠北方—池河内断層と柳ヶ瀬断層については、活断層のトレースは不連続であるが、非常に近接して分布していることもあり、表層における不連続と地質構造の違いや活動時期の違いだけで同時活動の可能性を完全には否定出来ないとの意見があった。
- ②松田（1990）の考えを当該ケースに適用することは、ウツロギ峠北方—池河内断層の南端と柳ヶ瀬断層が非常に近接しており、動力学的観点から踏まえると適切ではないと考える。等



断層モデルによる地震動評価の検討を要請



ウツロギ峠北方—池河内断層と柳ヶ瀬断層南部の同時活動



浦底—内池見断層北部とウツロギ峠北方—池河内断層南部と柳ヶ瀬断層南部の同時活動

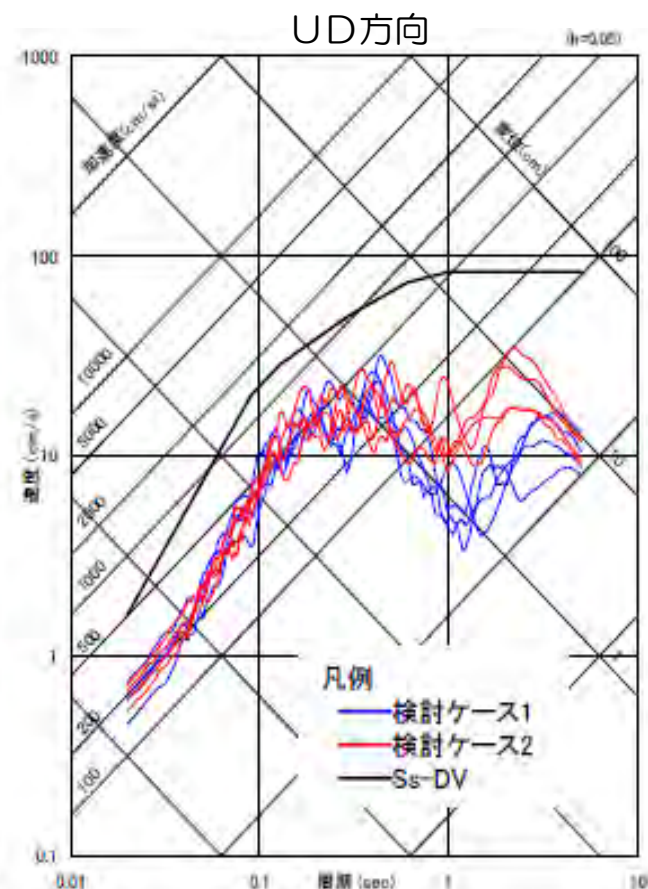
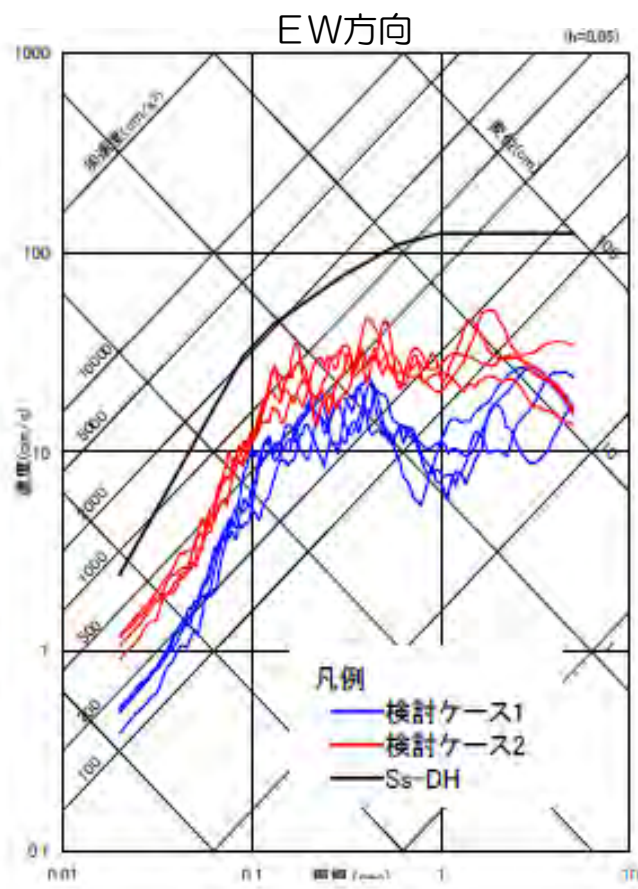
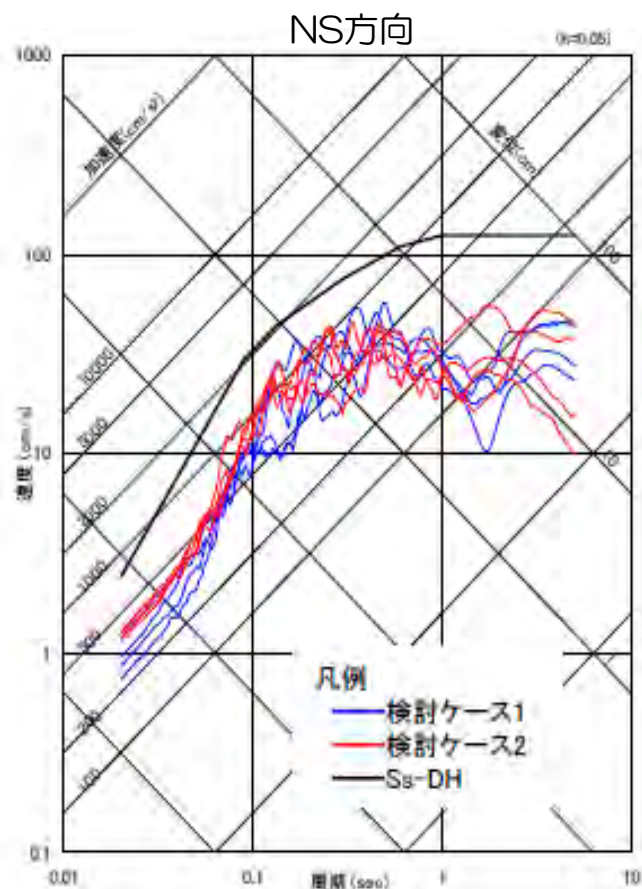


# 主要な論点：同時活動性の追加検討

—原子力安全委員会の検討結果—

## 検討結果

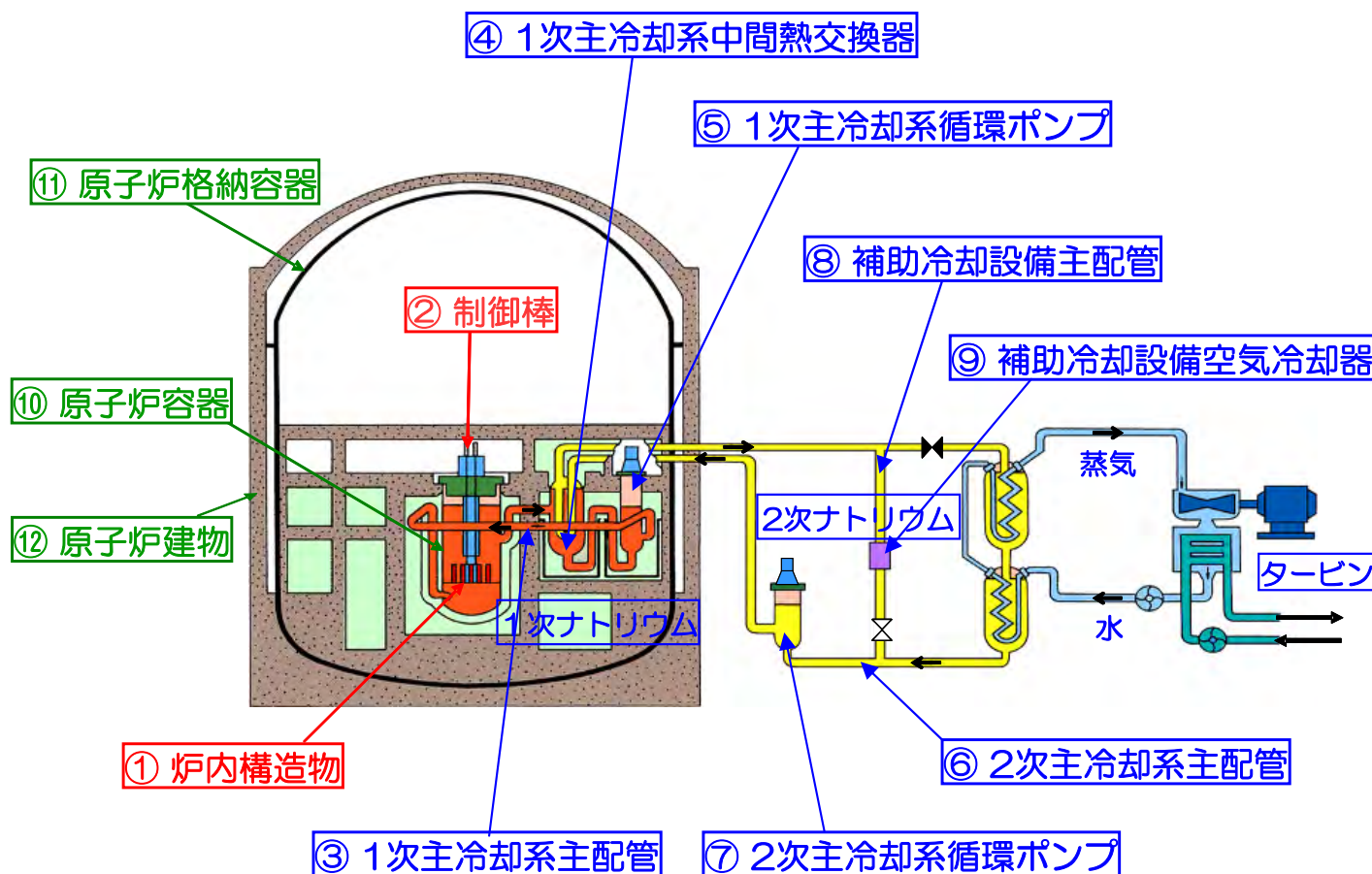
■いずれの周期帯においても、策定した基準地震動 $S_s-D$ を下回っていることを確認した。





## 4. 施設の耐震安全性

- 高速増殖原型炉もんじゅの原子炉の「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設備、ナトリウムを内包する設備等について耐震安全性を確認。（耐震Sクラスの設備を対象。）
- 評価部位：機器 = 約100機種、配管 = 約240ライン



### <設備の代表例>

#### 「止める」

- ①炉内構造物
- ②制御棒

#### 「冷やす」

- ③ 1次主冷却系主配管
- ④ 1次主冷却系中間熱交換器
- ⑤ 1次主冷却系循環ポンプ
- ⑥ 2次主冷却系主配管
- ⑦ 2次主冷却系循環ポンプ
- ⑧ 補助冷却設備（主配管）
- ⑨ 補助冷却設備（空気冷却器）

#### 「閉じ込める」

- ⑩原子炉容器
- ⑪原子炉格納容器
- ⑫原子炉建物

## 4. 施設の耐震安全性

### 検討方針

- 原子炉の型式がBWR、PWRと異なることから、FBRの構造設計の特徴、FBRの高温ナトリウム炉の特徴を踏まえた耐震設計基準及び構造設計基準、主要施設の構造概要、重要度分類及びこれまで実施してきた各種実験結果等について、機器・配管系の詳細評価に先立ち、予め検討を行った。
- 耐震安全性評価に関しては、報告書が最終報告であり、建物関係、機器・配管系のSクラスが評価対象（機器が約100機種、配管が約240ライン）であることから、その全てを検討することは困難であるため、その検討の進め方について検討し、機器・配管系については、プラントの安全を確保する機能の観点及び採用されている全ての解析手法が網羅されるように代表機器を選定して、その妥当性を確認した。

## 4. 施設の耐震安全性

### 代表機器・配管系

- 原子炉容器、炉内構造物、原子炉格納容器、蒸気発生器
  - 1次主冷却系中間熱交換器
  - 1次主冷却系循環ポンプ、2次主冷却系循環ポンプ
  - 補助冷却設備空気冷却器、炉外燃料貯蔵槽、キャスククレーン
- 1次主冷却系配管、2次主冷却系主配管、補助冷却設備主配管
- 燃料池のスロッシング
- 制御棒挿入性
- 1次主冷却系循環ポンプ（機械式ナトリウムポンプ）  
蒸気発生器入口止め弁（ナトリウム弁）

## 4. 施設の耐震安全性

### 建物・構築物

- 原子炉建物・原子炉補助建物及びディーゼル建物の地震応答解析モデルに関しては、観測記録を用いたシミュレーション解析、JNESのクロスチェック解析等により、その妥当性の検証が適切にされている。
- 原子炉建物・原子炉補助建物及びディーゼル建物の耐震安全性評価結果について、水平方向の地震応答解析の結果、耐震壁のせん断ひずみの最大値は、評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を下回っていることを確認した。
- 地震応答解析から得られる最大転倒モーメントを用いて算定した原子炉建物の接地率は、基準地震動 $S_s$ に対して、地震応答解析の信頼性が確保されるめやす値（接地率65%以上）を満足していることを確認した。 等

## 4. 施設の耐震安全性

### 排気筒及び屋外重要土木構造物

- 排気筒については、支持鉄塔について耐震裕度向上工事を行い排気筒全体としての耐震裕度向上を図っていることから、その構造、解析モデル等について検討を行った。耐震裕度向上工事後の基準地震動 $S_s$ に対する排気筒の発生応力は、評価基準値を満足することを確認した。
- 原子炉補機冷却系海水ポンプ室、送水管路カルバート部、送水管路トンネル部について、その耐震安全性の検討を行った。その結果、発生値は評価基準値以下であることを確認した。

## 4. 施設の耐震安全性

### 機器・配管系（1）

- JNESのクロスチェック解析等により、その妥当性の検証が適切にされていると考える。
- 構造強度評価結果について、各機器の基準地震動 $S_s$ による発生応力が評価基準値以下であることを確認した。
- 制御棒挿入性の評価結果においては、基準地震動 $S_s$ に対して、制御棒挿入に係る機能要求（炉心上部機構と制御棒案内管の許容相対変位が55mm以下）を満足していることを確認した。
- 動的機能維持（1次主冷却系循環ポンプ（機械式ナトリウムポンプ）及び蒸気発生器入口止め弁（ナトリウム弁））の構造強度評価結果について、発生値は評価基準値以下であることを確認した。 等

## 4. 施設の耐震安全性

### 機器・配管系 (2)

○原子炉容器、炉内構造物の構造について、鉛直動による核的な影響及び浮上り時の炉心体系（幾何学的形状）の維持に関して検討を行った結果、地震（鉛直動）によっても炉心安全性は、十分確保される。

また、地震発生から、原子炉が自動停止するまでの間に投入される反応度を評価した結果、基準地震動 $S_s$ による投入反応度は、原子炉の安全評価上問題とならない値であることを確認した。

○燃料池のスロッシングの影響について、解析結果に十分余裕を見込んで溢水による影響評価を行っている。その結果、燃料池の溢水を考慮しても、しゃへい性能、燃料池の水温上昇、ナトリウム機器との接触、管理区域外への流出等への影響はないことを確認した。



## 4. 施設の耐震安全性

### 弾性設計用地震動Sdの設定の考え方等について

- 弾性設計用地震動Sdは、基準地震動Ssとの比率 ( $S_d/S_s$ ) を0.5として設定していることを確認した。
- 弾性設計用地震動Sdによる地震力に対して建物・構築物が概ね弾性範囲に収まっていることを確認した。
- 策定された基準地震動Ssは、旧耐震指針の地震動より1.6~1.8倍程度大きくなっていることから、基準地震動Ssの応答の一部がスケルトンカーブ上の第2折点を超えているが、基準地震動Ssに対する応答は、評価基準値を下回っていることを確認した。
- 機器・配管系の弾性設計用地震動Sdの評価について、弾性設計用地震動Sdによる主要機器・配管の構造強度は評価基準値 $\Pi_{AS}$ を満足することを確認した。



## 5. 地盤の安定性・地震随伴事象

### 地盤の安定性

- 基礎地盤の支持性能について、評価の結果、地震時最小すべり安全率は、評価基準値を満足していること等から、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して十分な支持性能を有していること等を確認した。
- 敷地近傍の白木一丹生断層の活動に伴う基礎地盤の変形について、評価の結果、不確かさ（ばらつき）を考慮して様々なケースについて最新の解析手法により評価され、想定される地盤の変位・変形が施設の安全性に影響を与えないことを確認した。

## 5. 地盤の安定性・地震随伴事象

### 地震随伴事象

○周辺斜面の安定性について、評価の結果、背後斜面が基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、施設の安全性に重大な影響を与えるような崩壊を起こさないこと等を確認した。

○津波に対する安全性について、評価の結果、

- 最大水位上昇では、大陸棚外縁断層～B断層～野坂断層による津波でT.P.+5.19mとなり、港湾部敷地に一部越波した海水が溢れるが、補機冷却海水ポンプの機能は確保されることを確認した。
- 最大水位低下では、大陸棚外縁断層～B断層～野坂断層による津波で、補機冷却海水ポンプの取水レベルを数分程度下回るが、自然循環冷却により原子炉の崩壊熱除去が可能なことから、炉心冷却に対する安全性は確保されることを確認した。

## まとめ

保安院の評価報告は、新耐震指針に基づき、（独）日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉もんじゅに係る敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動、地盤の安定性、地震随伴事象及び施設の耐震安全性に関して適切に評価していると判断する。