

「耐震設計審査指針の改訂に伴う四国電力株式会社
伊方発電所3号機耐震安全性に係る評価について
(基準地震動の策定及び主要な施設の耐震安全性評価)」
に関する原子力安全委員会の見解
説明資料

平成22年1月29日
原子力安全委員会事務局
審査指針課



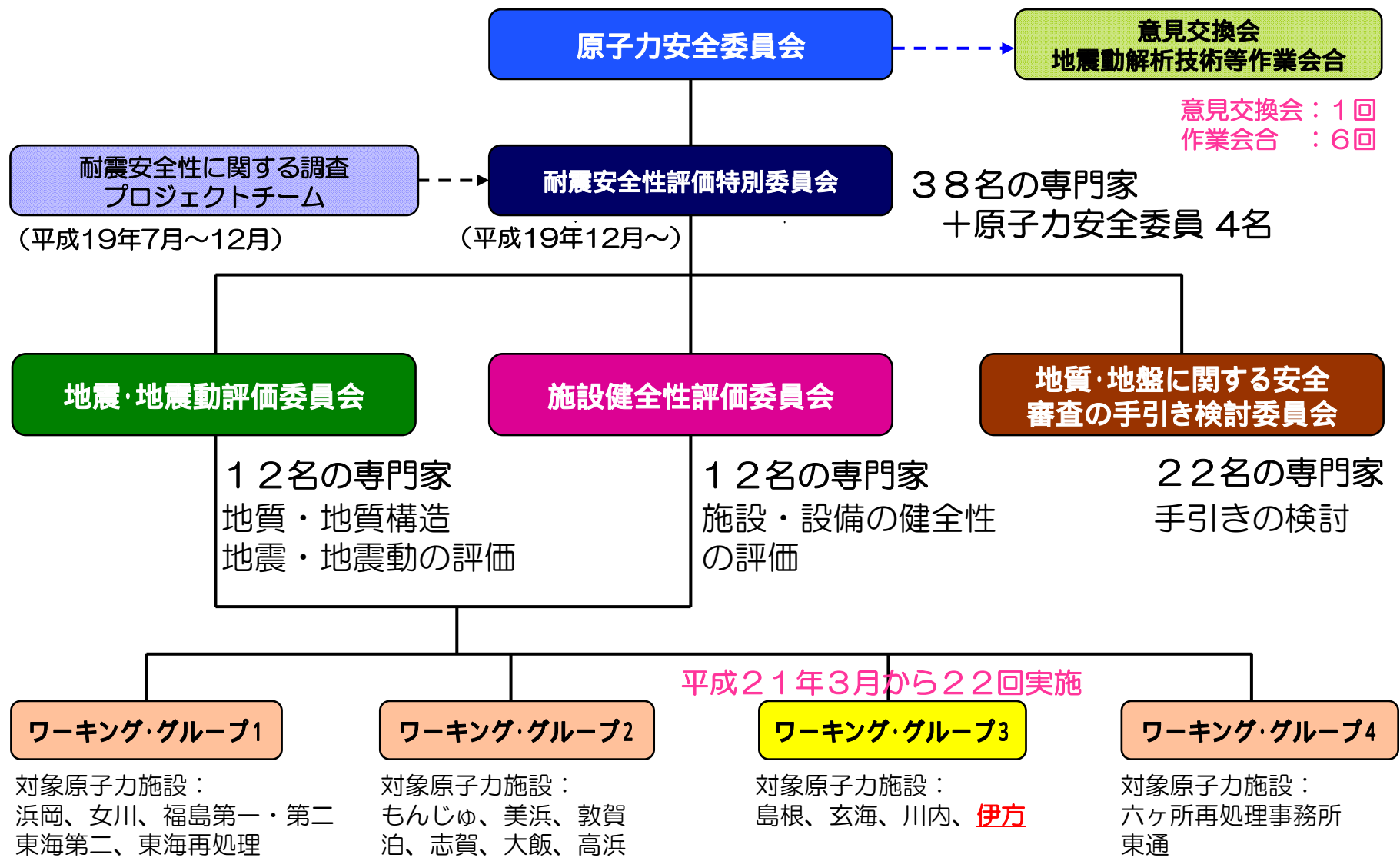
原子力安全委員会の役割

- 安全に係る科学的判断をより確実にを行うため、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1月22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 「残余のリスク」の最小化 (基準地震動を超える地震動が発生した場合であっても、事故につながるリスクを小さくするよう、詳細設計・施工等において考慮)
 - ④ 基準地震動 (Ss)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 (Sd) による確認要求

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

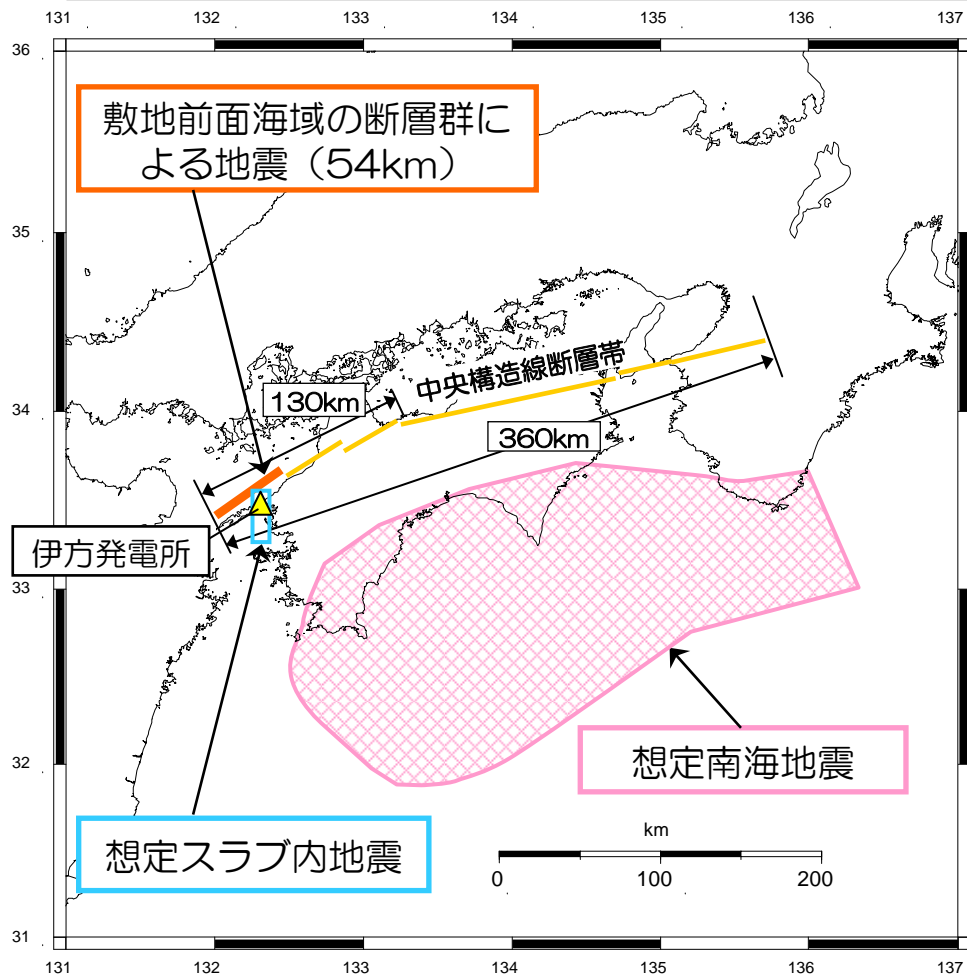
1. 評価に当たっての不確かさの考慮
(地質調査結果、地震記録、地震学的知見を踏まえ、影響が大きなパラメータを考慮した評価)
 - ① 活断層等評価に当たっての不確かさの考慮
各種調査手法を駆使して総合的に評価、短くて孤立した断層を考慮、連動性を考慮、等々
 - ② 地震動評価に当たっての不確かさの考慮
断層モデル重視（特に、震源が近い場合）、地震動を過小評価しないように条件を設定、等々

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

伊方発電所3号機耐震安全性に係る中間報告の 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)

- 四国電力(株)伊方発電所周辺海域及び陸域において、基準地震動Ssを策定する上で敷地への影響が最も大きいと考えられる内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震をそれぞれ選定。
- 内陸地殻内地震については、中央構造線断層帯の130km及び360kmについても検討を行った上で敷地への影響が最も大きい地震を選定。



分類	検討用地震	断層長さ又はマグニチュード
内陸地殻内地震	敷地前面海域の断層群による地震 (中央構造線断層帯)	54 km
プレート間地震	想定南海地震	M8.6
海洋プレート内地震	想定スラブ内地震	M7.0

↓ (内陸地殻内地震をもとに基準地震動Ssを評価)

基準地震動の最大加速度 (単位：ガル)	
基準地震動Ss	570
旧指針に基づく基準地震動S ₂	473

2. 原子力安全委員会での主要な論点

- 中央構造線断層帯の活断層評価(活動性、三次元的構造等)
中央構造線断層帯の基準地震動評価(モデル化、不確かさの考慮等)
 - 断層傾斜角(南傾斜80度)の追加検討
 - 敷地前面海域断層群と豊予海峡セグメントを含めた大分県陸域の活断層との連動(180kmの区間)の追加検討
 - 確認用地震動(原子力安全委員会が実施)
- 長大断層の強震動評価手法の検討
- サイトの地盤特性
- 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における、
応答倍率法の適用性

主要な論点：断層傾斜角（南傾斜80度）の追加検討

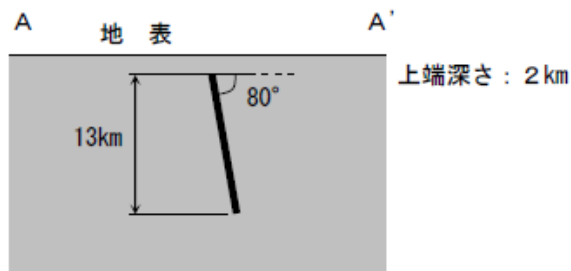
—原子力安全委員会の要請事項—

要請事項

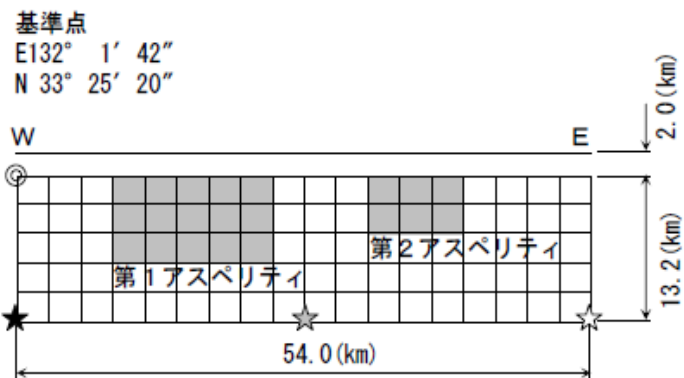
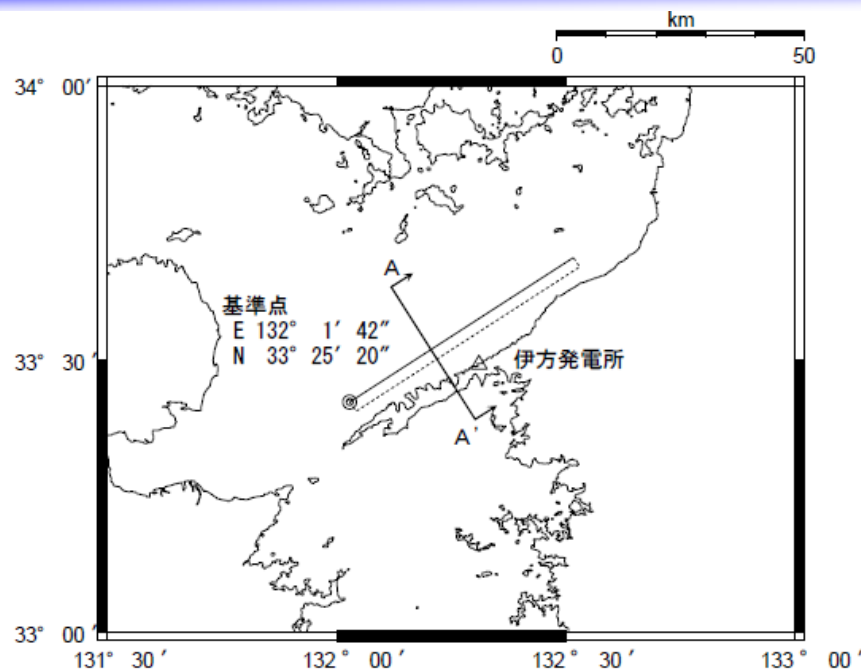
四国電力は、変動地形学的な観点、地震学的な観点、地球物理学的な観点を総合的に勘案して、断層傾斜角90度を基本と考えている。また、保安院の検討結果も踏まえ、30~40度で北傾斜する地質境界断層と一致する可能性も考慮して、北傾斜30度を不確かさとして考慮している。



ほぼ鉛直としても必ずしも垂直になっているとは限らず±10度程度はみる必要があると考えられることから、念のため南傾斜80度のケースの検討を実施することを要請。



(A - A' 断面図)



☆☆☆：破壊開始点

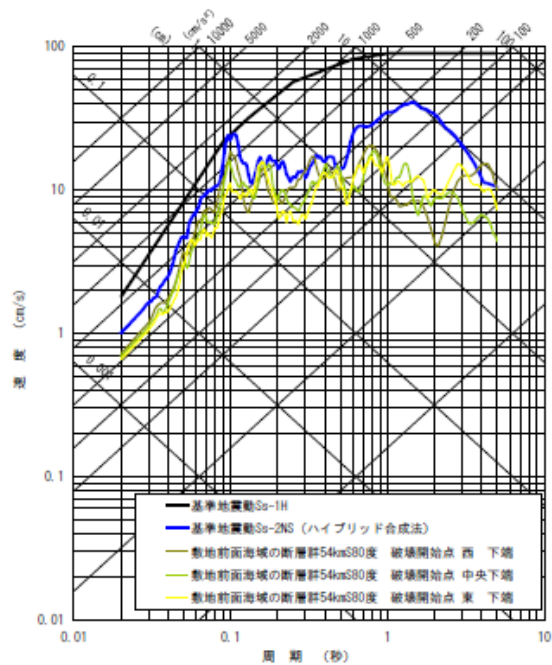
断層モデル図

主要な論点：断層傾斜角（南傾斜80度）の追加検討

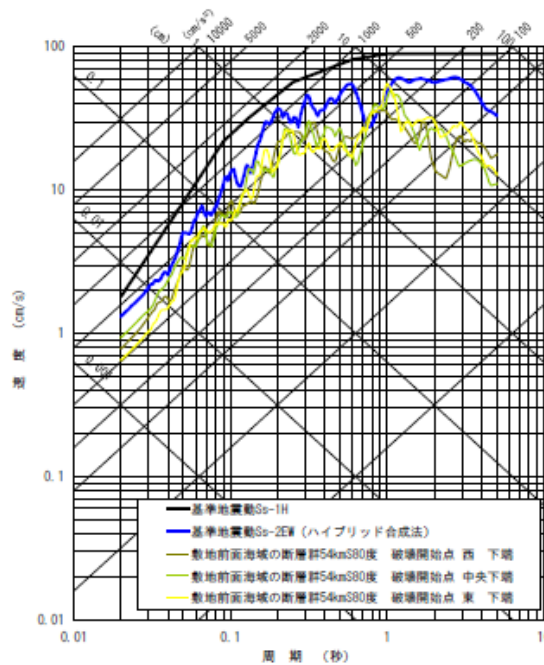
—原子力安全委員会の検討結果—

確認結果

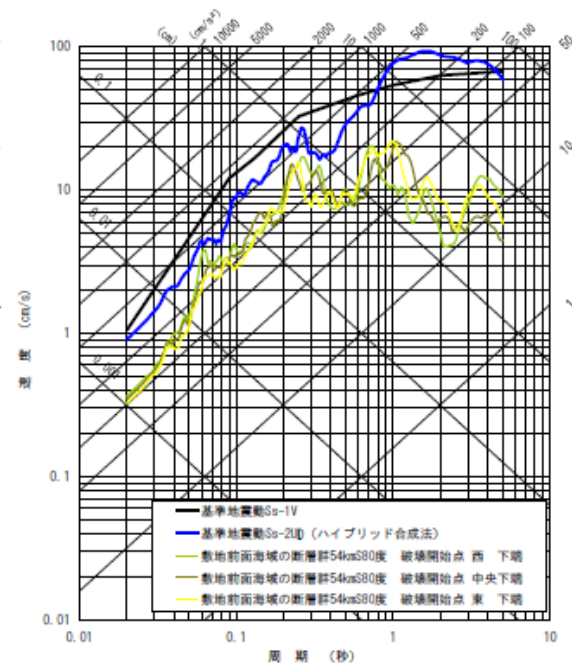
基本震源モデル（断層長さ54km・断層傾斜角90度）に比較して、地震動レベルは若干大きめであるが、基準地震動Ss-1、Ss-2に影響しないことを確認した。



NS方向



EW方向



UD方向

主要な論点：西側への連動（180kmモデル）の追加検討

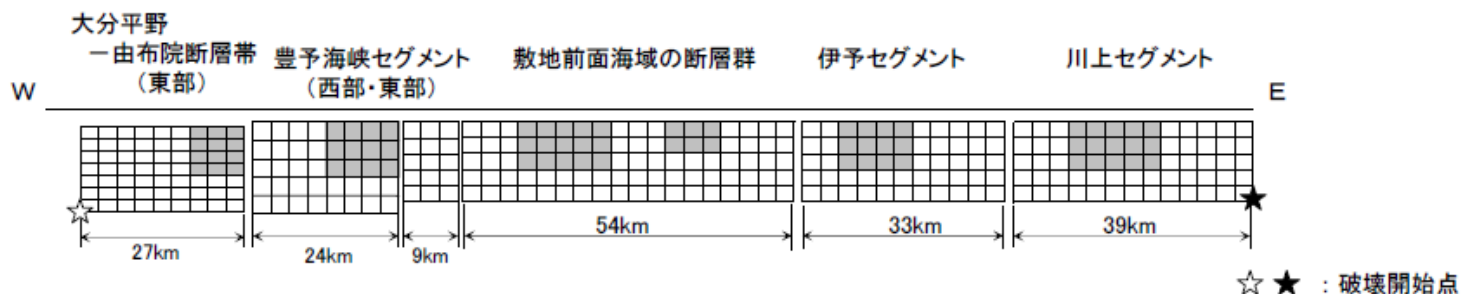
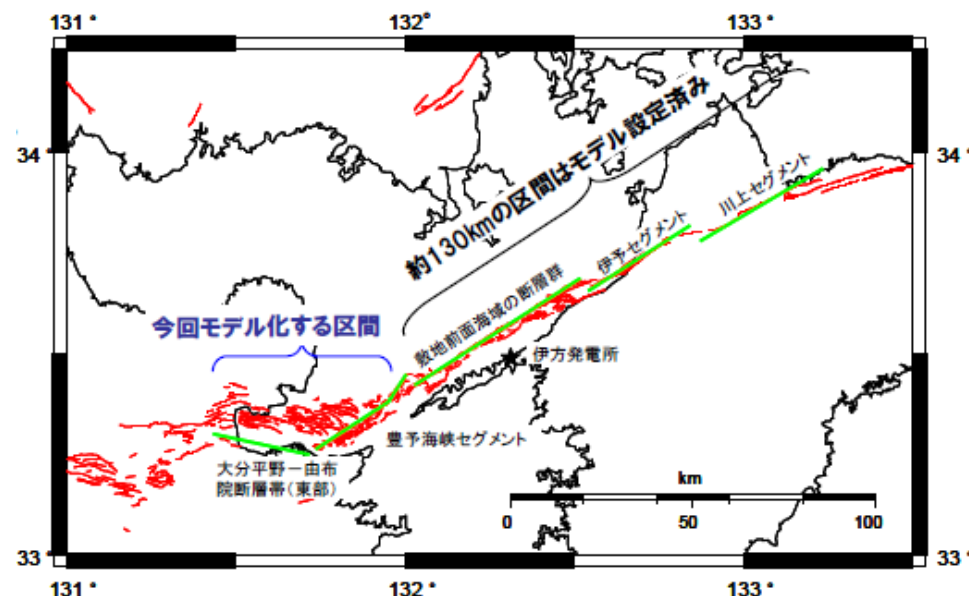
—原子力安全委員会の要請事項—

要請事項

中央構造線の西端に関して、地震調査研究推進本部による別府—万年山断層帯の評価において、別府湾の活断層が中央構造線へ連続する可能性が指摘されていることから、敷地前面海域断層群と豊予海峡セグメントを含めた大分県陸域の活断層との連動の考慮の必要性



川上断層から大分平野—由布院断層帯東部までの180kmの区間が連動した場合の地震動評価の検討を実施することを要請。

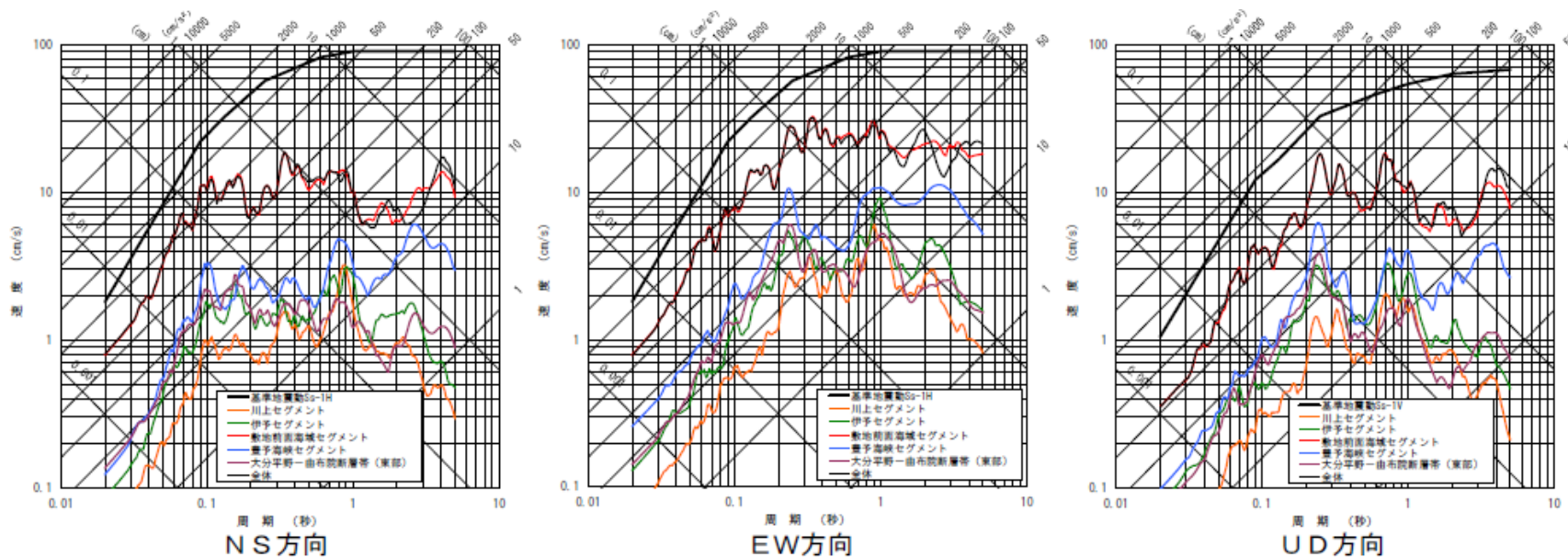


主要な論点：西側への連動（180kmモデル）の追加検討

—原子力安全委員会の検討結果—

検討結果

- 180km連動ケースの地震動は、基準地震動Ss-1、Ss-2に影響しないことを確認した。
- 180kmや360kmの連動ケースと同様に、敷地では敷地前面海域の断層群からの地震動が支配的であることを確認した。



検討結果(例:破壊開始点西下端)

主要な論点：確認用地震動（原子力安全委員会が実施）

—原子力安全委員会の検討内容—

目的

地震動評価結果の信頼性を高めることを目的に、断層モデルを用いた手法により確認用の地震動評価を実施し、策定された基準地震動 S_s の妥当性を検討する。

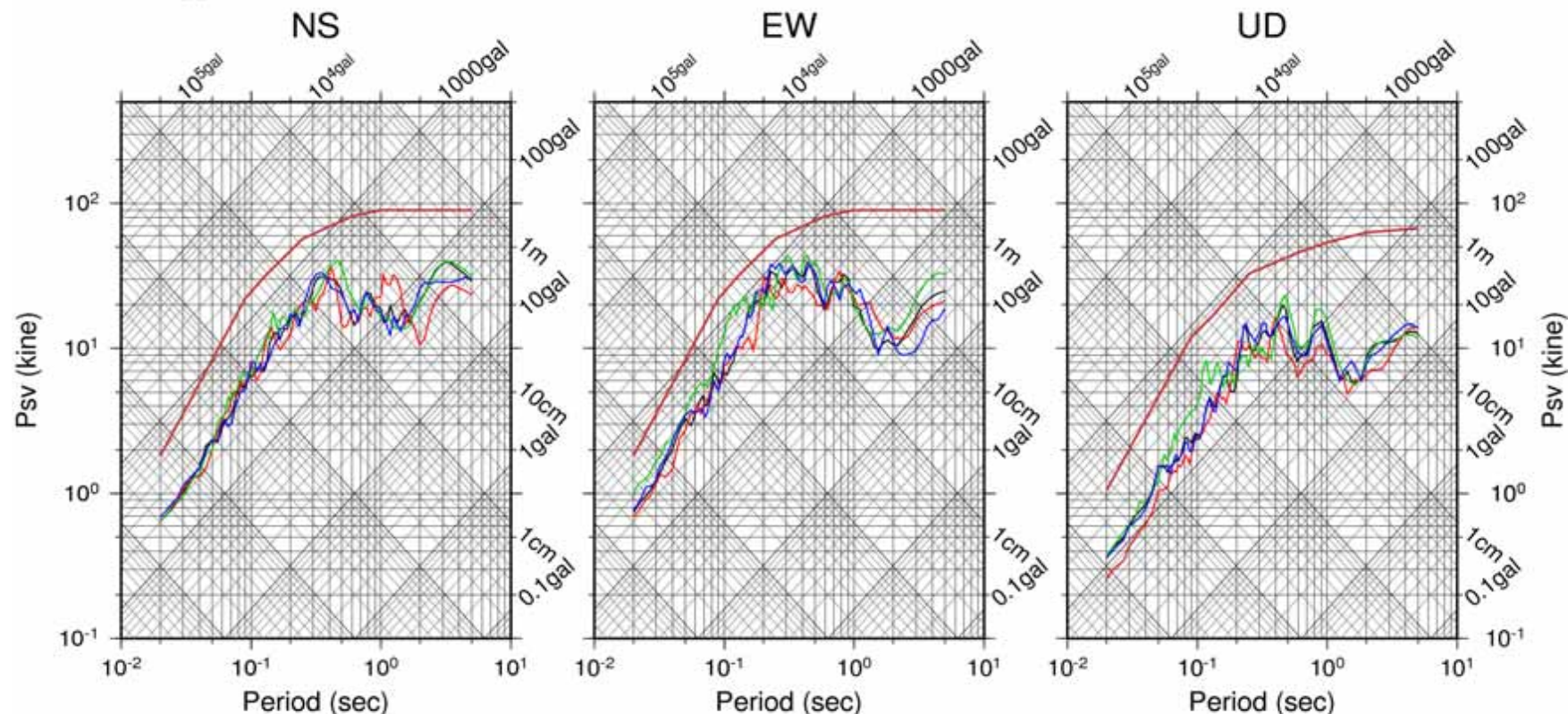
検討ケース

検討モデル	アスペリティ		破壊開始点	断層長さ (km)	断層幅 (km)	応力降下量	断層傾斜角
	深さ	平面位置					
Case1	断層中央	事業者のモデル に準じて設定	アスペリティ 西下端	54	13	レシピ	90°
Case2	断層上端		アスペリティ 西下端	54	13		90°
Case3	断層上端		アスペリティ 西下端	54	13.2		南傾斜80°
Case4	断層上端		アスペリティ 西下端	186	13~15		90° or 60°

- Case1は、断層モデルのパラメータ設定等の妥当性を確認するためのモデルとして、敷地前面海域断層群の長さ54km、断層傾斜角90度、アスペリティ位置を中央としたモデル
- Case2は、地前面海域断層群の長さ54km、断層傾斜角90度、アスペリティ位置を上端としたモデル（四国電力株の基本震源モデル）
- Case3は、四国電力株の基本震源モデルに対して、断層傾斜角を南80度傾斜としたモデル
- Case4は、川上セグメントから大分平野一由布院断層帯東部までの180km連動モデル

主要な論点：確認用地震動（原子力安全委員会が実施）

—原子力安全委員会の検討結果—



- Case1より、四国電力株が実施した検討ケースは、適切なパラメータ設定がされていることを確認した。
- Case2より、原子力安全委員会が実施した統計的グリーン関数法とのハイブリッド合成法による評価結果と四国電力株が実施した統計的グリーン関数法による評価結果が、同程度であることを確認した。
- Case1からCase4より、四国電力株の計算結果が適切であることを確認した。
- Case2からCase4より、いずれのケースにおいても、基準地震動Ss-1を下回っていることを確認した。



3. 施設の耐震安全性

建物・構築物

- 原子炉建屋及び原子炉補助建屋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 (2.0×10^{-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屋及び原子炉補助建屋の接地率は、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

機器・配管系

- 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。
- 動的機能維持評価に関し、制御棒挿入性について、原子炉設置許可を受けた時間内に挿入されることを確認した。 等

3. 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) 0.5を基本としたが、旧耐震指針における基準地震動 S_1 の応答スペクトルを下回らないようにという点を考慮して、基準地震動Ssを0.6倍とした地震動として最終的に設定しており、その考え方等は妥当であると考えられる。
- 弾性設計用地震動 Sdによる地震力に対して建物・構築物が弾性範囲に収まっていることを確認した。
- 基準地震動Ss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。
- 今回の評価対象機器・配管系については、基準地震動Ssに対する評価結果が弾性範囲である許容応力状態 III_ASを満足していることを確認した。

まとめ

保安院の評価報告は新耐震指針に基づき、四国電力株式会社伊方発電所3号機に係る敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動及び主要な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。

原子力安全・保安院への意見等

- 施設の安全を確保するためには、裕度が小さい部位だけでなく、大きな応力や変位が生じる部位も注意する必要があることから、建物・構築物及び機器・配管系の評価の際には、評価部位選定の考え方（適切性）についても考慮して検討することを求める。
- 経年劣化事象の検討に関して、事業者は維持基準に従い経年劣化事象の管理をしているが、現時点の維持基準は、新耐震指針を反映したものでないことから、経年劣化事象を検討する際には、新耐震指針を踏まえて考察を加えること。また、その考察に当たっては、減肉を考慮した評価に関して、評価の方法等、実現象を踏まえた検討も併せて実施することを求める。
- 観測記録を踏まえた建屋及び機器の解析モデル化の精度向上を今後長期的に検討することを望む。
- 新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所のタンクの損傷事例に鑑み、今後、タンクの耐震設計等にあたっては、社団法人日本電気協会等で検討している最新の知見を踏まえて評価を実施すること。
- 応答倍率法の評価結果と詳細法による評価結果との比較を行い、応答倍率法の信頼性等について、整理、検討すること。また、制御棒の挿入性評価の際には、挿入時間に加え、変位量が挿入性に及ぼす影響に着目した検討結果も示すこと。