

「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）」に対する見解

22安委決第1号
平成22年1月25日
原子力安全委員会決定

当委員会は、平成22年1月22日に、耐震安全性評価特別委員会に取りまとめられた標記の件について、同特別委員会から報告を受けたところ、審議の結果、これを妥当なものと認め、決定する。

「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）」に対する見解

平成22年1月22日
耐震安全性評価特別委員会

はじめに

原子力安全委員会は、平成18年9月19日に「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を改訂し、「耐震設計審査指針」の改訂を機に実施を要望する既設の発電用原子炉施設等に関する耐震安全性の確認について」を原子力安全委員会決定した。それを受け、経済産業省原子力安全・保安院（以下「保安院」という。）は、改訂された耐震設計審査指針（以下「新耐震指針」という。）に照らした既設の原子力施設の耐震安全性評価（以下「バックチェック」という。）の実施と報告を各原子力事業者に対し指示した。

保安院においては、新耐震指針に照らして、四国電力㈱が行った「伊方発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」（平成20年3月28日、一部補正平成21年12月28日）（以下「中間報告書」という。）の確認が進められ、平成22年1月7日に「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）」（以下「評価報告」という。）がとりまとめられた。

耐震安全性評価特別委員会（以下「特別委員会」という。）は、保安院が行う審議の結果を特別委員会で検討するに当たって、必要な調査、整理を実施するためワーキング・グループ（本検討はワーキング・グループ3にて実施）を設置し、保安院から検討状況の聴取を実施するとともに、四国電力㈱から保安院に対して行った説明内容及びワーキング・グループが検討を指示した事項に対する結果等の聴取を実施し、保安院と並行して検討を進めてきた。

特別委員会は、四国電力㈱の中間報告書等及び保安院からの評価報告について、新耐震指針、特別委員会が策定した「活断層等に関する安全審査の手引き」（平成20年6月20日 原子力安全委員会了承）（以下「手引き」という。）、ワーキング・グループでの検討の範囲や内容等の検討のポイントについて記した「新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントについて」（平成20年9月5日、一部改正平成21年4月24日、同年6月12日、同年11月17日 耐震安全性評価特別委員会）（以下「検討のポイント」という。）、また、原子力安全委員会が保安院に示した今後の耐震安全性に関する検討を行う上で重要と考える事項等への対応の確認を含め、ワーキング・グループ等の検討を基に調査審議を行い、その結果を見解としてとりまとめた。

1. 検討の視点等

(1) 特別委員会は、中間報告書に関して四国電力㈱が保安院に対して行った説明内容を聴取し、調査、整理作業を進めており、原子力安全委員会及び特別委員会において示されている以下の事項に留意して検討を行った。

○原子力安全委員会は、『保安院が自ら定めた「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」に沿って地質調査・活断層評価、基準地震動の策定、安全上重要な建物・構築物及び機器・配管系の機能保持等の確認を科学的合理性に基づき行うことは基本的に適切と考える。』との意見を示している。

○特別委員会は、東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所のバックチェック等の検討過程において必要な意見を保安院に述べている。

(2) 原子力発電所の耐震安全性は、①適切な基準地震動の策定、②それに基づく建物・構築物基礎下の入力地震動の適切な設定、③その入力地震動等に対する構築物・機器等の適切な設計・施工等の3要件によって総合的かつ確実に確保されるものと考えられる。こうした認識から、以下の考え方に沿って検討することとした。

○敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び活断層等の評価については、主に「手引き」及び「検討のポイント」に沿って実施されていること。

○基準地震動の評価については、主に「検討のポイント」及び先に原子力安全委員会が保安院に示した意見等に沿って実施されていること。

○施設の耐震安全性については、主に「検討のポイント」に沿って実施されていること。

○新潟県中越沖地震の知見の反映等

基準地震動の科学的妥当性を評価する際には、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、観測データ等に基づく詳細かつ具体的検討をすること。特に、得られた観測データの分析結果や詳細な地盤調査結果等を最大限に活用し評価することが重要であることから、基準地震動の評価において、震源特性、地下構造特性等が適切に考慮されていること。

(3) 特別委員会は、伊方発電所の敷地近傍に、長大断層である中央構造線断層帯があることから、これを適切に評価し、基準地震動を策定することが重要と考えた。

また、耐震安全性評価に関しては、機器・配管系の構造強度評価及び制御棒挿入性に関する評価では、「応答倍率法」を適用していることから、その妥当性を確認することが重要と考え、重点的に検討を実施した。

さらに、既に特別委員会が見解を示している、東京電力㈱柏崎刈羽原子力発電所等の検討内容及び他のワーキング・グループの検討状況を踏まえた他、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、横ずれ断層の評価について、専門家との意見交換会や原子力安全委員会地震動解析技術等作業会合（以下「作業会合」という。）の検討の成果等を踏まえて実施した。

施設の耐震安全性の検討に関しては、当該原子炉の型式が加圧水型軽水炉（PWR）であり、PWRの基本事項、基本的な構造、主要施設、機器・配管系等の構造概要やモデルの考え方等の共通事項の検討については、北海道電力榑泊発電所、九州電力榑玄海原子力発電所及び川内原子力発電所と合同で検討を実施するとともに、PWRの例として九州電力榑川内原子力発電所の現地調査を実施した。

以上のこと等から、検討にあたり、以下の項目について重点的に検討をおこなった。

- 中央構造線断層帯の評価（活動性、三次元的構造等）
- 海上音波探査記録等の原資料の確認
- 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）
- 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 S_d 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時間評価における、応答倍率法の適用性

（４）検討の経過を別紙１に示す。

2. 特別委員会の見解

2. 1 敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び活断層等の評価について

特別委員会は、敷地・敷地周辺の地質・地質構造の調査及び個々の活断層等の評価について、地形発達過程を重視した調査や既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の各手法による調査結果の総合的な検討等、「手引き」のポイントを重視しつつ調査、整理作業を行っている。また、保安院の実施した海上音波探査記録も確認しつつ検討を実施した。

特に、①中央構造線断層帯の評価、②中央構造線断層帯のセグメント区分及び西部への連続性、③断層傾斜角、等について重点を置き検討を行った。その結果、以下のこと等から、保安院の評価は適切であることを確認した。

（１）敷地周辺の地質・地質構造、テクトニクス等について

○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」に沿って評価がされている。

- 敷地周辺のテクトニクスに関しては、四国周辺で発生した内陸地殻内地震のメカニズム解から、主圧力軸の方向は、ほぼ東西方向と考えられる。また、地殻変動観測結果によると、四国はフィリピン海プレートのカップリングの強い地域であり、九州はカップリングが弱く反時計回りに回転する地域と考えられる。敷地周辺は、四国東部の明瞭な横ずれ型から九州の正断層系の断層運動へと移る場所に位置している。
- 伊予灘沿岸の佐田岬半島に存在する海成段丘面及び肱川沿いに存在する河成段丘面については、詳細な地形面区分さらにはボーリング試料を基にした検討結果によると、これら段丘面に急な高度差はないものと考えられる。

(2) 中央構造線断層帯について

- 中央構造線断層帯については、「手引き」や「検討のポイント」に沿って評価がされている。また、敷地周辺の中央構造線断層帯の主要な位置における深部構造について、反射法探査、屈折法探査、重力探査等の結果を基に、重力逆解析による検討、アトリビュート解析による検討等も実施されており、適切な調査検討がされていると考えられる。
- 中央構造線断層帯は、四国中・東部では非常に直線性が高いのに対して、四国西部から九州にかけては、複数の引張性ジョグが存在するなど、直線性が四国中・東部ほど高くないと考えられる。敷地前面の伊予灘海域では、全般に直線的な分布を示すものの、串沖及び三崎沖で大きく右屈曲する。断層の性状については、後期更新世以降の地層に変位を与えており、断層分布域では横ずれ断層に特徴的な地溝や断層バルジがみられる。南北でD層上面（沖積層基底面）に顕著な標高差は認められず、横ずれの卓越する断層運動が推定される。
- 中央構造線断層帯のセグメント区分に関しては、断層の屈曲、分岐、他の系統の断層との交差、第四紀堆積盆の存在、断層の変位センス及び断層の変位速度等に関して、地質学的データ、地球物理学的データ等から総合的な評価検討がされている。これらの検討結果から、四国北西部には、重信引張性ジョグ、串沖引張性ジョグ及び三崎沖引張性ジョグが存在し、幾何学的、地質・構造地質学的セグメントの境界と位置づけられると考えられる。これらを基に4つの活動セグメントに区分されるものと考えられる。

なお、中央構造線断層帯のセグメント区分及びジョグの取り扱いについては、地震動評価における断層モデルの考え方等との関連から検討することが重要と考えた。検討結果は、2. 2 (3) 3)に記載する。
- 中央構造線断層帯の断層傾斜角に関しては、地質学的データ、地球物理学的データ等から総合的な評価検討がされている。これに関して、この地域の広域的な応力場の変化、九州に向かった南北張力と正断層系への変化及び隆起の傾向等から総合的に検討すると、中央構造線断層帯は特に西端付近において若干、正断層成分があるが、基本的には、高角の横ずれ断層が卓越してい

ると考えられる。一方で、重力逆解析に基づく地球物理学的な観点からの検討では、30～40度で北傾斜する地質境界断層が確認されている。従って、震源断層については、ほぼ鉛直な断層面である可能性が高いが、北傾斜する地質境界断層と一致する可能性も否定できないものと考えられる。また、力学的観点からの検討においても、高角の可能性が高いが、地質境界面の摩擦係数がごく小さいと仮定した場合には、低角の可能性も否定はできないとの意見もあった。

なお、中央構造線断層帯の断層傾斜角については、地震動評価における断層モデルの考え方等との関連から検討することが重要と考えた。検討結果は、2. 2 (3) 3) に記載する。

○四国電力㈱が実施した海上音波探査結果については、保安院の実施した海上音波探査により、その妥当性を確認した。また、保安院の海上音波探査結果から、深部の状況が、より明確に確認された。さらに、保安院のデータを用いて四国電力㈱が実施したアトリビュート解析結果等から、中央構造線断層帯の傾斜角に関して、北傾斜する地質境界断層を高角度の断層が変位させている可能性を示唆する情報が、得られていることを確認した。

(3) 五反田断層について

五反田断層は、地表地質調査や海上音波探査の結果、岩質の差を反映した浸食地形と推定されるが、リニアメントが短く断続的で、地形として認められるリニアメントの分布域に、後期更新世における活動性が判断できる堆積層や地形面が存在せず、活断層である可能性を確実に否定できないことから、陸域でリニアメントが認められる約2kmの区間について、耐震設計上考慮する活断層と評価している。地震動評価においては、五反田断層西方延長部に地層の変形等がない測線(YU-2)を超えた20kmの区間を考慮しており、その考え方に問題はないと考えられる。

(4) 敷地周辺のリニアメント等について

敷地周辺のリニアメント、変位地形分布については、宮内リニアメント、八幡浜リニアメント、菅田リニアメント、五反田断層が確認されている。それらについては、その地形要素、特徴等の考察が適切に行われており、その評価に問題はないと考えられる。

(5) 宇和海の地質・地質構造について

F-21断層の断層端部の評価に関して、明瞭な不整合面とプログラデーションパターンから地質年代を推定し、D1層を後期更新世の地層と評価していること等から、年代の不確かさを考慮し、念のため断層端部を延長した場合の地震動評価を確認した結果、基準地震動の検討に影響を及ぼさないことから、その考え方に問題はないと考えられる。

2. 2 基準地震動の評価について

(1) 解放基盤表面の設定及び地下構造特性

特別委員会は、以下のこと等から、保安院の評価は適切であることを確認した。

○敷地周辺の地質調査の結果等から、敷地及び敷地近傍は、三波川変成岩類のうち、主に塩基性片岩からなり、同質の岩盤が十分な拮がりを有していること、また、試掘坑での弾性波探査、ボーリング孔でのPS検層等から、建屋及びその周辺の地盤は、 $V_s=2.6\text{km/s}$ の堅固な岩盤が十分な拮がりと深さを持つことから、敷地整地レベルであるEL. +10m(原子炉建屋基礎底位置から+7.4m)を解放基盤表面として設定している。このことは新耐震指針に沿って適切に設定されたものであり、その評価は妥当である。

○地下構造が地震動の増幅特性に及ぼす影響は、新潟県中越沖地震の知見を踏まえると重要な検討要素である。

地下構造特性に関して、地震基盤(地下約2km)以浅について、浅部(地下約0.2kmまで)は、試掘坑での弾性波探査、ボーリング孔でのPS検層等を基に、それより深部は、文献調査を参考に設定していることを確認した。また、敷地での地震観測記録には、共通の周期帯で顕著な増幅を示す傾向が見られないことから、特異な地盤増幅特性を有する地盤ではないと考えられる。さらに、地下構造モデルの妥当性検証として、地盤構造モデルから求まる理論的伝達関数と観測記録における伝達関数との比較、2001年芸予地震におけるシミュレーション解析を実施しており、それらの結果から地下構造特性の評価は妥当と考えられる。

(2) 地震発生層について

特別委員会は、以下のこと等から、保安院の評価は適切であることを確認した。

○地震発生層に関しては、地震発生状況や地球物理学データなどを踏まえた総合的な検討がされていると考えられる。

○地震発生層の上限については、近傍の地震データが少ないので、この地域で震源を使って上限を決めることは難しいと考えられる。屈折法地震探査の結果から得られた、三波川変成岩類と領家花こう岩類の会合部の深さ2~3kmを中央構造線断層帯の断層上端深さと考え、地震発生層上限深さを安全側に2kmとしていることは妥当と考えられる。

○下限については、微小地震分布、地震波トモグラフィ、キュリー一点深度のデータ等をもとに検討した。四国周辺を見る限り、微小地震の深さ分布とキュリー一点深度との整合性が良い訳でもなく、地震波トモグラフィの分解能が十分に高くない。また、フィリピン海プレートの深さの違い等に起因すると思われる地域性が大きい。例えば、東方ではフィリピン海プレートが比較的浅いため、地震発生層の下限に関わる温度構造が異なる可能性があることや海溝軸に近付くと微小地震の震源が深くなる傾向にある。

このようなことから、主に敷地周辺の震源の深さ分布を重視して、総合的に検討を行った結果、中央構造線断層帯付近で地震発生層の下限を15kmと考えることは妥当と考えられる。

(3) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

1) 検討用地震の選定

検討用地震の選定において、活断層の活動区間の設定は、調査結果の信頼度や精度等を考慮し、地形発達過程、地質構造、活断層の活動履歴や単位変位量分布・平均変位速度分布、過去及び現在の地震活動の特徴等を総合して行う必要がある。また、不連続部の形態、断層の三次元形状や三次元的な断層相互の位置関係、並びに重力異常・地震波速度構造・地殻変動等の地球物理学的データを考慮して、検討用地震の選定を行うことが必要である。

特別委員会は、2. 1で示したこと及び以下のこと等から、検討用地震の選定に関する保安院の評価は適切であることを確認した。

○活断層の調査結果等から、敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層を、また、被害地震から、敷地で震度5弱程度以上と推定される地震をリストアップし、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震について、地震発生様式毎に検討を実施しており、その考え方に問題はないと考えられる。

○地震発生様式毎に距離減衰式を用いて、各地震による敷地への影響を比較し、敷地への影響が最も大きいものを検討用地震として選定しており、その考え方に問題はないと考えられる。

なお、距離減衰式として、データベースのほとんどが日本の地震であり、さらに断層近傍のデータを含んでいること、地震発生様式を考慮した地震動評価が可能なこと、震源の深さを考慮した地震動評価が可能なこと、及び、敷地の解放基盤表面の $V_s=2.6\text{km/s}$ に近い硬岩地点の評価が可能であることから、Zhao et al. (2006)を用いて検討を実施していることに問題はないと考えられる。

○内陸地殻内地震について、活断層調査結果及び文献調査等により、中央構造線断層帯、宇和海のF-21断層、五反田断層等を抽出し、敷地への影響が最も大きい、中央構造線断層帯を検討用地震として選定しており、その評価に問題はないと考えられる。

○中央構造線断層帯の評価に当たって、四国電力(株)は、平成20年3月28日提出の中間報告において、引張性ジョグでは強震動は生成されないと考えられるとして、串沖及び三崎沖の引張性ジョグを含まない42kmの区間を敷地前面海域の断層群における基本震源モデルの長さとしていた。しかし、保安院は、その検討過程において、他のセグメントとの連動を地震動評価上考慮することを前提とし、震源モデルの格子分割も踏まえた上で、串沖及び三崎沖の引張性ジョグにおける断層トレースの分岐形状の接点間に相当する54kmを断層群の地震動評価上の長さとして評価し、不確かさを考慮した震源モデルの長さ

として引張性ジョグの全長を含む69kmも考慮することとしており、適切な検討がされていると考えられる。

また、他の活動セグメントとの連動性の不確かさとして、130km連動のカスケードモデルを考慮している。基準地震動の妥当性確認として130kmのスケーリングモデル、360kmのカスケードモデルについても検討しており、適切な検討がされていると考えられる。

○プレート間地震について、南海トラフ沿いのプレート間（M8クラスのプレート間地震が過去に繰り返し発生）、日向灘のプレート間（日向灘沖のフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界面において、M7クラスのプレート間地震が繰り返し発生）で発生した被害地震等を検討用地震の候補となる地震として抽出し、敷地への影響が最も大きい、想定南海地震M8.6（中央防災会議による想定南海地震）を検討用地震として選定しており、その評価に問題はないと考えられる。

○海洋プレート内地震について、南海トラフから西北西に沈み込んだフィリピン海プレート内の安芸灘～伊予灘～豊後水道の領域において、過去に発生した被害地震のうち、地震カタログ間で地震諸元に差異があるものについては、最新の知見を踏まえた再評価を行った上で、それらの中から検討用地震の候補となる地震を抽出し、敷地への影響が最も大きい1649年安芸・伊予の地震（M6.9）を検討用地震として選定しており、その評価に問題はないと考えられる。

2) 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、用いられたデータの質・量によって、その適用範囲を慎重に吟味することが重要である。特に震源が敷地に近い場合には、より慎重な対応が必要となる。こうしたことを踏まえ、震源が敷地に近い場合の地震動評価に際しては、適用可能な各種の応答スペクトルによる手法を用いた評価結果や断層モデルに基づく地震動評価結果等を踏まえ、総合的な判断を行う必要があることから、各種の応答スペクトルによる手法の適用について、慎重に検証されていることが必要である。こうしたことから、専門家との意見交換会において検討し、ワーキング・グループにおける「検討のポイント」に定めた。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のことから、保安院の評価は適切であることを確認した。

○内陸地殻内地震による応答スペクトルの検討は、中央構造線断層帯の基本ケース、不確かさを考慮した各ケースに対して、「検討のポイント」に沿って、各種の応答スペクトルによる手法の適用について、慎重に検証がされていると考えられる。

○プレート間地震による検討用地震として、想定南海地震M8.6（中央防災会議による想定南海地震）を考慮し、応答スペクトル評価に際しては、敷地周辺

等において適切な観測記録がないため、観測記録による補正は行わないとしていること、また、地震規模がNoda et al. (2002)の適用範囲外であることから評価結果については参考扱いとし、後述する断層モデルによる手法を重視していることなどから、適切に評価が実施されていると考えられる。

○海洋プレート内地震による検討用地震の地震動評価として、1649年安芸・伊予の地震 (M6.9) を考慮し、敷地周辺で発生したM5.1以上の海洋プレート内地震 (10記録) を用いて適切に補正係数を設定していること等から、適切に評価が実施されていると考えられる。

○「基準地震動Ss-1H」 (水平動) は、応答スペクトル法に基づく地震動評価結果及び旧耐震指針の基準地震動 S_2 を包絡するように設定していること、鉛直動については、Ss-1Hに対して、Noda et al. (2002)に示されている鉛直方向への変換係数を参照して「基準地震動Ss-1V」 (鉛直動) を設定していることから、適切に評価が実施されていると考えられる。

3) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

新耐震指針では、その解説において、「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えられ地震については、断層モデルを用いた手法を重視すべきである。」とされている。また、震源の破壊過程や地震波伝播特性 (敷地における増幅特性を含む) が強震動生成に大きな影響を与えたとする新潟県中越沖地震の知見が報告されている。これらの知見を反映し、敷地固有の地震動特性 (周波数特性、継続時間、位相特性) を評価できる断層モデルにより地震動評価が行われていることが重要である。また、2. 1に示す中央構造線断層帯の活断層評価における断層傾斜角、幾何学的並びに地質・構造地質学的セグメント区分及びジョグの地震動評価における取り扱いについては、断層モデルの考え方等との関連から検討することが重要と考えた。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のことから、保安院の評価は適切であることを確認した。

①中央構造線断層帯について

○中央構造線断層帯のモデル化に関しては、敷地周辺の応力場から、基本的に横ずれが卓越すると考えられる。

活断層トレースからは、四国中東部の断層トレースは非常に直線性が高いのに対して、四国西部から九州にかけては複数の引張性ジョグが存在するなど、直線性が四国東部ほど高くない。

三崎沖、串沖、重信のジョグについては、4~5kmのステップオーバーを有し、破壊の停止域となると推定されるとしている。これに関して、文献調査結果等に基づき地震動評価におけるセグメント区分やアスペリティ位置の設定におけるジョグの考え方を整理し、セグメント区分及びアスペリティ配置を行っている。

敷地前面の小規模なジョグ (伊方沖ジョグ) に関しては、セグメント区分

する考え方もあるが、地震動評価上のセグメント区分に際しては、伊方沖ジョグでは区分せず、安全側の評価を行うとしており、活断層の調査結果、地質学的及び力学的観点等から、その考え方については妥当と考えられる。

なお、アスペリティの設定に際しての小規模なジョグの取り扱いについては、今後も継続的な検討が必要である。これに関し、四国電力㈱は、今後、研究課題としての取り組みを継続していくとのことであり、こうした取り組みが積極的になされることを期待する。

- 中央構造線断層帯の基本震源モデル及び不確かさを考慮したモデルについて、断層モデルによる評価を実施し、水平動の応答スペクトルの評価結果のうち、基準地震動 $Ss-1H$ を短周期の一部で超えるもの（経験的グリーン関数法を用いたハイブリッド合成法による不確かさ考慮ケース（北傾斜30度を想定したケース））を施設への影響も踏まえ、基準地震動 $Ss-2$ として策定しており、適切に検討されているものと考えられる。
- 断層傾斜角の検討について、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鉛直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。これに対して特別委員会では、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度程度はばらつきとして考慮する必要があるとの意見を踏まえ、四国電力㈱に、念のため南傾斜80度のケースを検討するよう求めた。
その結果、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。

なお、保安院は、特別委員会での追加検討を踏まえ、南傾斜80度のケースを不確かさの一つとして、検討に加えて審議を実施している。

- 中央構造線断層帯は、100kmを超える長大断層であるため、地震調査研究推進本部の知見も勘案して、不確かさとして、断層の連動（断層長さ130km及び360km）を考慮した検討を実施している。これについて、断層モデルとしては、断層トレースの形状や連続性、地表変位量の情報からカスケードモデルが適切と判断されるが、断層長さ130km連動ケースについては、スケーリングモデルでも評価しており、安全側の評価がされていると考えられる。
- 中央構造線断層帯のように長大な断層帯の評価に関しては、世界の内陸地殻内地震で長さ100kmを超えるものをレビューし、地震モーメントやマグニチュードの評価の妥当性について検討していることから、最新の知見も踏まえて適切に検討されていると考えられる。
- 中央構造線断層帯の西端に関して、地震調査研究推進本部による別府一万年山断層帯の評価においては、別府湾の活断層が中央構造線断層帯へ連続する可能性が指摘されている。

特別委員会は、この指摘を踏まえ、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が必要と考え、四国電力㈱

に、カスケードモデルを用いて、川上断層から大分平野一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について、検討することを求めた。

その結果、追加検討を求めた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。また、130km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。

- 中央構造線断層帯による地震動評価において、「敷地において要素地震として適切な観測記録がある場合には経験的グリーン関数法によることとし、ない場合は統計的グリーン関数法によることを原則とする。」とした保安院の方針に沿って、発生位置や発生メカニズムは異なるものの、サイト特性を含んだ適切な規模の地震の観測記録が得られていることから、経験的グリーン関数法による評価を実施している。

これに関して、保安院では、経験的グリーン関数法に用いている要素地震が、中央構造線断層帯で想定している地震とは、破壊メカニズムや震源の深さが異なり、想定する地震の震源域からも離れていることから、要素地震としては震源特性・伝播特性が適切でない可能性があるとして、統計的グリーン関数法による評価も実施し、経験的グリーン関数法による評価結果との比較検討を行い、慎重な検討がされている。これらの検討結果から、断層モデルによる地震動評価の考え方は、妥当と考えられる。

基準地震動Ssの策定に関しては、経験的グリーン関数法及び統計的グリーン関数法の結果から、最も厳しいケースについて、ハイブリッド合成法による地震動評価を行っている。最終的には、施設評価の観点から、施設に対して厳しい地震動であると考えられる、短周期側に経験的グリーン関数法、長周期側に理論的手法を用いたハイブリッド合成法による不確かさ検討ケースの結果を「基準地震動Ss-2」として採用しており、この考え方は妥当と考えられる。

- 経験的グリーン関数法による地震動評価に用いた要素地震の妥当性評価については、いくつかの観測記録同士の比較及び統計的グリーン関数のフーリエスペクトルとの比較等を行い、慎重に検討がされている。特に、検討に用いた2001年芸予地震の余震は、NS成分の周期0.1秒付近にピークがみられること及び周期0.2秒以上でEW成分に比べNS成分が小さい特徴を有していることから、地盤構造モデルの検討（伝達関数、2001年芸予地震の本震のはぎとり解析）及びオービット、ラディエーション等をもとにその要因分析がされている。

その結果、NS方向の周期0.1秒付近のピークの原因として、浅部地盤の増幅による影響ではないとしているが、原因の特定には至っていない。このため、他の手法（統計的グリーン関数法）を用いて地震動評価を行っていることは妥当と考えられる。

なお、長周期理論地震動の評価に用いた地盤構造モデルに関して、深さ

0.2km～地震基盤付近については、情報量が少ないこと等から、四国電力㈱は、今後、将来的な研究課題として深部ボーリング調査や地震観測を行い、地震基盤までのモデル化の精度を向上させたいと考えているとのことであり、こうした取り組みが積極的になされることを期待する。

②プレート間地震について

○プレート間地震による地震動評価において、「敷地において要素地震として適切な観測記録がある場合には経験的グリーン関数法によることとし、ない場合は統計的グリーン関数法によることを原則とする。」とした保安院の方針に沿って、発生位置や発生メカニズムは異なるものの、サイト特性を含んだ適切な規模の地震の観測記録が得られていることから、経験的グリーン関数法による評価を実施している。これについては、要素地震のメカニズムが想定されるプレート間地震と異なることから、統計的グリーン関数法による評価も実施し、経験的グリーン関数法による評価結果と比較検討を行っている。さらに、理論的手法による地震動評価やハイブリッド合成法（統計的グリーン関数法の結果と組み合わせ）による結果との比較により、結果の妥当性確認が行われており、断層モデルによる地震動評価の考え方は、妥当と考えられる。

なお、想定南海地震のような大規模な地震に対して経験的グリーン関数法を用いる場合、要素地震の選択や観測記録の特性など、慎重に取り扱う必要があるが、耐震安全性評価では、原子力施設という施設の特性から、短周期に重点をおいて評価されていることを確認した。

③海洋プレート内地震について

○海洋プレート内地震における断層モデルを用いた地震動評価については、地震発生位置の不確かさを考慮して、敷地真下での発生を想定している。また、その地震規模として、既往最大であるM7.0(1854年伊予西部)を採用する等、不確かさが適切に考慮されている。

○経験的グリーン関数法による地震動評価については、想定する海洋プレート内地震と同じメカニズムのフィリピン海プレート内で発生した、適切な規模の地震の観測記録があることから、経験的グリーン関数法を採用し、さらに、理論的手法による地震動評価結果を組み合わせたハイブリッド合成法により、経験的グリーン関数法の結果の妥当性確認が行われており、断層モデルによる地震動評価の考え方は、妥当と考えられる。

○海洋プレート内地震の断層モデルに関して、四国電力㈱は、この地域のフィリピン海プレートの構造と2001年芸予地震についてのYagi and Kikuchi(2001)等の知見を参考に、2001年芸予地震の断層モデルを構築するとともに、アスペリティを配置し、そのモデルをこの地域の海洋プレート内地震の最大規模M7.0にスケールリングし、さらに、第1アスペリティが敷地直下になるように設定している。

特別委員会は、敷地下方に想定する場合に、フィリピン海プレートの形状からみて断層面上端深さは妥当と考えられるが、アスペリティ配置については必ずしも2001年芸予地震の配置が再現されるとは限らないことから、アスペリティ配置の再検討を求めた。

再検討は、地震発生層の厚さ、断層上端深さ、断層傾斜角等を考慮し、第1アスペリティを第2アスペリティと同じく、海洋マントル上面に配置したモデルを設定し、地震動評価を実施している。この考え方については、沈み込んだ太平洋プレートでは二重地震面が存在するが、フィリピン海プレートでは、その存在は確認されていないこと、及び、当該地域の沈み込んだ海洋性プレートの構造と地震の発生位置を考慮すれば、問題はないと考えられる。その結果、地震動レベルは、海洋プレート内地震の基本震源モデルより若干大きくなるものの、基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s の評価には影響しないことを確認した。

4) 原子力安全委員会における確認用の地震動評価について

原子力安全委員会は、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、震源特性パラメータを地震調査研究推進本部の震源断層を特定した強震動予測手法（レシピ）に基づき設定し、以下のモデルについて、ハイブリッド法による確認用の地震動評価を実施した。具体的な検討ケースとして、

①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

②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㈱の基本震源モデル）

③四国電力㈱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

④川上セグメントから大分平野ー由布院断層帯東部までの180km連動モデルについて評価を実施した。その結果、以下のことから、四国電力㈱の評価は、適切であると考えられる。

○①のケースより、四国電力㈱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。

○②のケースより、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㈱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。

○①～④のケースより、四国電力㈱の計算結果が適切であることを確認した。

○②、③及び④のケースより、いずれのケースにおいても、基準地震動 S_s-1 を下回っていることを確認した。

(4) 震源を特定せず策定する地震動について

新耐震指針では、「震源を特定せず策定する地震動」は、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、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_s を策定することとする。」とされている。

「検討のポイント」では、上記のように設定された震源を特定せず策定する地震動の検証方法として、①敷地近傍の耐震設計上考慮する活断層を基に、地域の特徴を踏まえた合理的な震源断層を設定し、震源近傍域の破壊伝播効果(NFRD効果)を考慮した地震動レベルから妥当性を検証する方法、②詳細な地形・地質調査結果から、敷地・敷地近傍に耐震設計上考慮する活断層が認定されていない場合でも、敷地直下に地域性を考慮した適切な規模の震源断層を想定し、NFRD効果を考慮した地震動レベルから妥当性を検証する方法を示している。

四国電力㈱は、敷地近傍に孤立した短い断層として、五反田断層があることから、上記①の検証の方法を用いて、地震動レベルの妥当性の検証を実施している。

なお、保安院の審議では「検討のポイント」に示す「震源を特定せず策定する地震動」について、その地震動レベルの検証という検討は実施していない。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のとおり、「検討のポイント」に沿って適切に評価がされていること等から、保安院の評価は、結果として妥当であることを確認した。

○地震規模評価に関して、四国電力㈱は、地震地体構造区分から想定される最大規模及び地震発生層の厚さから想定される最大規模を、M6.8程度と推定している。しかし、地震調査研究推進本部の知見(2009)では、敷地が属する地体構造区分に想定される最大の地震規模は、1789年阿波の地震に基づいてM7.0とされていることから、M7.0とすべきとの意見もあった。これに関しては、1789年阿波の地震の震源決定精度が低いと考えられることや、敷地周辺と阿波の地震が想定されている地域では地震発生状況が異なること(具体的には発生頻度や地震発生層の厚さが異なる)等から、必ずしも、地震調査研究推進本部が定める最大規模を用いる必要はなく、敷地周辺のデータを重視した考えとして、問題はないと考えられる。

○震源断層モデルの設定として、断層タイプが、当該地域における応力場等を考慮して想定されていること及び震源断層モデルのパラメータ等が適切に設定されていること。

○「震源を特定せず策定する地震動(加藤他(2004)の地震動レベル)」は、地震動レベルの妥当性の検証に用いた五反田断層を基に設定した震源断層(断層長さ:20km、断層幅:15km、断層傾斜角:北傾斜60度)による地震動をほぼ包絡するスペクトルとなっていること。

- 「震源を特定せず策定する地震動」の設計用応答スペクトルは、基準地震動 S_s-1 の応答スペクトルに全ての周期帯で包絡されるため、「震源を特定して策定する地震動」の設計用応答スペクトルで代表させるとしていること。
- 五反田断層を「孤立した短い断層」として地震動を評価した結果は、基準地震動 S_s-1 の応答スペクトルの比較から考えると、その地震動レベルとしては、問題はないと考えられる。しかし、敷地への最大の影響を与えるケースが検討されているかという観点から考えると、必ずしも、最大の地震動となるようなアスペリティの配置ではないと考えられる。アスペリティの位置による敷地への影響評価について、最終報告において、念のため追加検討を行うことを求める。

2. 3 施設の耐震安全性について

施設の耐震安全性については、「検討のポイント」に沿って、それぞれの妥当性を判断するに足る情報が示されていることに留意しつつ、また、機器・配管系の評価に関して、中間報告書においては、応答倍率法を用いていることから、その手法の妥当性、制御棒挿入性の評価に係る考え方等に重点を置き検討を行った。

また、地震動レベルは小さいものの、2001年の芸予地震の地震観測記録が得られていることから、解析モデル等の検証に適切に反映されていることが重要と考えた。

さらに、施設の耐震安全性評価については、旧耐震指針に従い設計された既設発電用原子炉施設等の耐震安全性が、新耐震指針の下でも確保されているか否かを確認することが重要と考えている。このことから、基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価を着実に審議するとともに、弾性設計用地震動 S_d の設定の考え方や、弾性設計用地震動 S_d による評価、旧耐震指針による基準地震動 S_1 、 S_2 による地震力及び静的地震力と新耐震指針に基づく地震力の比較等を含め検討を行った。

(1) 入力地震動の算定

入力地震動に関して、原子力安全委員会は、平成 20 年 5 月 16 日の原子力安全委員会決定において、「新潟県中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響の検討や大間原子力発電所に対する安全審査において、基準地震動とともに入力地震動の策定の重要性が認識されていることを考慮し、地震観測データ等を用いて、入力地震動算出の妥当性を十分に検討することが重要と考える。」との見解を示した。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のことから、保安院の評価は適切であることを確認した。

- 解放基盤表面の設定及び地下構造特性については、2. 2 (1) に記載したとおり。
- 入力地震動については、設置岩盤が硬岩であり、かつ建屋周辺に埋め込みが無いことから、解放基盤表面（原子炉建屋基礎底面付近）で定義した基準地

震動 S_s を建屋の基礎底面位置に直接入力していることは、妥当であると考
えられる。

(2) 建物・構築物について

建物・構築物（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）の評価結果の妥当性を確認
するため、評価に用いる解析手法及び解析モデルの考え方等について確認を实
施している。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のこと等
から、保安院の評価は適切であることを確認した。

○原子炉建屋及び原子炉補助建屋の地震応答解析モデルは、基本的に工事計画
認可（設計時）のモデルを基に、学協会による最新の規格・基準等を反映し
た物性値、モデルに変更していることを確認した。

また、上記変更に関して、工事計画認可とバックチェックに用いたモデル
の応答の影響について検討を実施し、その差異は建屋の安全性に影響するも
のではない範囲に収まっていることを確認した。

○基準地震動 S_s に対する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。また、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、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。

(3) 機器・配管系について

機器・配管系の評価結果の妥当性を確認するため、応答倍率法の適用の妥当
性、評価部位の選定方法、評価に用いる解析手法及び解析モデルの考え方、評
価基準値の考え方等について確認を実施している。また、制御棒挿入性の検討
に関しては、独立行政法人原子力安全基盤機構が、2002年から2005年につ
いて実施した制御棒挿入性試験（耐震機能限界試験）及びその評価結果等につ
いて、独立行政法人原子力安全基盤機構から直接説明を受けつつ、検討を实
施した。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った結果、以下のこと等
から、保安院の評価は適切であることを確認した。

○機器・配管系については、「止める」「冷やす」「閉じ込める」に係る安全
上重要な設備（①炉内構造物、②制御棒（挿入性）、③蒸気発生器、④1次
冷却材管、⑤余熱除去ポンプ、⑥余熱除去設備配管、⑦原子炉容器、⑧原子
炉格納容器）を評価対象としていることを確認した。

なお、評価対象以外の耐震安全上重要な設備についての評価は、最終報告
で実施するとしている。

○中間報告では、応答倍率法を用いて評価しており、評価に当たっては、既往評価（工事計画認可）の結果より、評価基準値に対する裕度が最も低い部位を評価対象として選定していることを確認した。

○機器・配管系の構造強度評価及び制御棒挿入性の評価における応答倍率法適用の妥当性について、保安院は、慎重に審議を実施したとしている。審議の結果（「構造WG Aサブグループにおける応答倍率法の適用性に係る審議状況」（平成21年3月10日原子力安全・保安院））によれば、応答倍率法の適用に際し、大きめの数値を算定するための「条件整理」を行い、その範囲で応答倍率法を適用することを可とすることとしている。また、制御棒挿入性の評価に関しては、評価に与える影響が支配的と考えられる水平方向の地震入力レベル等に着目した場合、伊方サイトにおける評価は、既往の知見の適用範囲内であり、中間報告の制御棒挿入性の評価において応答倍率法を適用することは可能と考えられるとしている。

四国電力㈱は、保安院の審議結果を踏まえて、大きめの数値を算定するための「条件整理」が整っていることの確認として、各種「応答比」算定法による比較検討、応答比「SRSS／絶対値和、鉛直下向き」の詳細分析、適用性の検討、既往評価結果（工事計画認可時の耐震計算書）における荷重分析を踏まえた考察、及び基準地震動 S_s と S_2 による床応答スペクトルからの応答比評価に基づく耐震裕度の考察等を行い、応答倍率法を適用した評価を実施していることを確認した。

○鉛直方向床応答スペクトルの拡幅率に関して、四国電力㈱は、実績のある水平方向の拡幅（±10%）と同様に、鉛直方向についても周期軸方向に±10%拡幅して、設計用床応答スペクトルを算定することについて、地盤及び建屋の剛性の変動幅を考慮しても、拡幅率を±10%とした場合にカバーできる範囲に入っているかを検討している。

具体的には、①設置岩盤のせん断波速度による地盤剛性の変動幅、②原子炉建屋のコンクリート実強度による建屋剛性の変動幅、及び③原子炉建屋内の補助壁の断面積を加えた建屋剛性の変動幅の影響について検討を実施している。

その結果、地盤剛性の変動は±20%、建屋剛性の変動は+20%程度であり、床応答スペクトルの拡幅率±10%でカバーされる変動幅以内である。また、補助壁の剛性を考慮するか否かが、建屋全体の応答の変動に及ぼす影響は小さいとし、鉛直方向の拡幅率を±10%として、設計用床応答スペクトルを設定することは妥当であると評価していることを確認した。

○2001年の芸予地震の地震観測記録が得られていることから、シミュレーション解析による床応答スペクトルのピークのズレが、評価対象設備の耐震安全性評価結果に与える影響について、耐震安全性評価の裕度と合わせて検討を実施している。この結果、芸予地震の観測波による応答加速度解析結果が一部の周期帯においてシミュレーション解析結果を上回るが、評価対象設備の地震応答解析に及ぼす影響は限定的であり、耐震安全性評価の裕度を考慮す

ると、耐震安全性に影響ないことを確認した。

- 機器・配管系の解析において使用した減衰定数等に関して、水平方向の減衰定数については、JEAG4601-1991 追補版に規定された値としており、既往評価において実績のある値を用いていることを確認した。
- 選定した機器・配管系について、基準地震動 S_s に対する安全機能の保持を確認するため、基準地震動 S_s による地震力と地震以外の荷重を組み合わせ、構造強度評価を実施していることを確認した。
- 構造強度評価結果について、各機器の基準地震動 S_s による発生値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。

(4) 弾性設計用地震動 S_d の設定の考え方等について

- 基準地震動 S_s の地震動レベルは、旧耐震指針における基準地震動 S_2 の地震動レベルと比較して、2割増程度であり、大きく変わるような地震動ではないことを確認した。
- 弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s 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 S_s 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。
- 原子炉建屋について、上記の考え方に基づいた弾性設計用地震動 S_d による応答レベル、設計時の基準地震動等における応答レベルと基準地震動 S_s の下における応答レベルを比較し、その許容限界状態との対応関係を把握した。
その結果、基準地震動 S_s の地震動レベルは、旧耐震指針における基準地震動 S_2 の地震動レベルと比較して、大きく変わるような地震動ではないことから、その応答結果に大きな差異はなく、旧耐震指針における基準地震動 S_2 の応答と同様に、基準地震動 S_s に対する応答は、概ね弾性範囲に収まっていることを確認した。
また、弾性設計用地震動 S_d に対する応答は、弾性範囲に収まっていることを確認した。
- 評価対象の機器・配管系については、基準地震動 S_s に対する評価結果が弾性範囲である許容応力状態Ⅲ_Aを満足しており、十分な裕度があることを確認した。
なお、機器・配管系については、設計時の基準地震動等に対する主要かつ代表的な設備の応答値について今後、報告するとしている。

(5) 経年劣化事象及び耐震性向上工事について

- 経年劣化事象については、運転開始から30年経過していないため、高経年化技術評価 (PLM) の実績がないことから、過去の高経年化技術評価 (PLM) の実績 (伊方発電所 1号機) 等を踏まえ、耐震性に影響を与える可能性のある

経年劣化事象として、構造物の断面積の減少を伴う事象及び材料強度の低下等の構造強度に影響する経年劣化事象について、検討を実施している。具体的には、腐食（エロージョン・コロージョンを含む）、摩耗、応力腐食割れ、疲労割れ、中性子照射脆化、中性子照射による延性低下、熱時効による韌性低下について検討を実施していることを確認した。

その結果、配管減肉に関しては、JSME配管減肉管理規格等に基づく計画的な点検を定期事業者検査において実施しており、減肉の発生を確認しているが、適切に維持管理を行っているためプラントの安全性に影響はないと考えられる。しかし、耐震性の観点において配管減肉は振動性状への影響が否定できないことから、主給水設備配管に減肉（エロージョン・コロージョン）を想定した耐震安全性評価を実施した結果、発生する応力は評価基準値以下であり、耐震安全性に影響のないことを確認している。

特別委員会は、上記の減肉を考慮した評価に関して、配管系の全ての減肉想定箇所に必要最小厚さまでの減肉を仮定すること及びその結果として、固有周期までが変化するような検討は、現実的ではないこと及び当該検討は、必ずしも安全側の評価とは限らないという意見があった。四国電力㈱の経年劣化事象の検討は、最終報告でされることから、その検討に際しては、上記意見を踏まえた検討を実施することを求める。

○耐震性向上工事について、基準地震動 S_s の地震動レベルは、旧耐震指針における基準地震動 S_2 の地震動レベルと比較して、大きく変わるような地震動ではない。このため、今回のバックチェックにより、機器・配管系の応答が、評価基準値を上回ることはないが、発電所設備の耐震安全性に対する信頼性をより一層向上させるため、耐震安全性評価と並行して耐震性向上工事を実施している。

耐震性向上工事の対象設備は、耐震Sクラス設備と、耐震B、Cクラス設備のうち耐震Sクラス設備に破損の波及的影響が及ぶおそれのある設備のうち、既往評価において相対的に裕度の小さい設備として、配管支持構造物とプラント用蓄電池支持構造物の補強を実施していることを確認した。

なお、中間報告対象設備については、基準地震動 S_s に対する評価結果が弾性範囲である許容応力状態Ⅲ μS をも満足しており、十分な裕度があることから、耐震性向上工事は実施していないことを確認した。

2. 4 評価手法及び結果の信頼性

基準地震動評価や建物・構築物、機器・配管系等の解析は、解析モデルのモデル化、使用する物性値、得られた解析結果について、評価手法及び結果の信頼性が確保されることが重要である。特にこれらの具体的作業は、外注されている場合が多いため、その信頼度を確認することが重要と考えられる。

四国電力㈱の説明によると、評価手法及び結果の信頼性に関しては、事業者が定

める品質マネジメントシステム (Quality Management System、以下「QMS」という。) 体系の下、解析実施者に対して解析業務の品質管理の観点から、作業手順の整備、入力根拠書の作成、適正な計算機プログラムの使用、入出力データの確認等の実施を求めるとともに、その実施状況について、解析実施者へ出向き入力根拠書、計算機プログラム検証記録等の品質管理記録を確認することにより、解析の信頼性を確認している。また、解析実施者への監査等により、QMSが適正に構築され機能していることを確認していること等から、適切なQMS体系の下、評価手法、結果の信頼性確保がされていると考えられる。

なお、内部監査については、社長をトップマネジメントとする社内体制が確立されており、品質管理担当組織がプロジェクト実施組織を監査することとしていること及び解析業務受注者への監査は、発注者であるプロジェクト実施組織によって実施されていることを確認した。

3. まとめ

特別委員会は、四国電力㈱伊方発電所3号機に係る敷地・敷地周辺の地質・地質構造、基準地震動及び施設の耐震安全性の評価に関して、①四国電力㈱から保安院に対して行った説明内容及びワーキング・グループが検討を指示した事項に対する結果等の聴取、②保安院から、保安院における検討状況の聴取を適宜実施するとともに、作業会合等での検討結果を踏まえて検討を進めてきた。

その上で、保安院から四国電力㈱伊方発電所3号機の耐震安全性に係る中間報告の評価に係る評価報告を受けた。

その結果、特別委員会は、保安院の評価報告は新耐震指針に基づき、四国電力㈱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。

保安院は、評価報告において、今後の検討課題（本報告に反映すべき事項）として、「(1) 主要10施設以外の安全上重要な施設に係る耐震安全性評価の妥当性 (2) 主要10施設の中間報告における評価対象部位以外の部位の評価結果の確認 (中間報告においては、既往評価結果を参考に耐震裕度が小さい部位として選定された評価対象部位について評価結果を確認したが、安全性への説明性をより一層向上させるとの観点から、中間報告における評価対象部位以外の評価部位についても、本報告において、必要に応じて評価結果を確認することとする。)」としている。

特別委員会は、上記検討を実施するに当たり、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。

また、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。

さらに、観測記録を踏まえた建屋及び機器の解析モデルの精度向上を今後長期的に検討することを望む。

上記以外に、四国電力㈱において、最終報告までに以下事項について、検討することを求める。

- 震源を特定せず策定する地震動評価に関し、五反田断層を「孤立した短い断層」として地震動を評価した結果は、必ずしも最大の地震動となるようなアスペリティの配置ではないと考えられる。アスペリティの位置による敷地への影響評価について、最終報告において、念のため追加検討を行うこと。
- 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当たっては、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も行うこと。

今回、四国電力㈱伊方発電所3号機の敷地・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の評価は、新耐震指針に基づき、現時点における最新の知見に照らして十分検討が行われていると考えるが、原子力施設の安全確保の第一義的責任を有する設置許可を受けた事業者は、常に新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映する必要がある、こうした取組を継続していくことが肝要である。

検討の経過

委員会名	開催日	主な検討事項
第1回ヒアリング	平成20年4月10日	概要説明
第13回*	平成21年3月19日	概要説明、保安院の審議状況
第16回*	平成21年4月21日	活断層調査・認定、基準地震動 S_s の策定
第18回*	平成21年5月15日	活断層調査・認定
専門家との意見交換会	平成21年5月22日	応答スペクトルに基づく地震動評価
第19回*	平成21年5月28日	活断層調査・認定
作業会合	平成21年6月1日	横ずれ断層の評価
第20回特別委員会	平成21年6月12日	検討状況の報告
第22回*	平成21年6月19日	活断層調査・認定、基準地震動 S_s の策定
第25回*	平成21年7月23日	基準地震動 S_s の策定
作業会合	平成21年8月24日	震源を特定せず策定する地震動
第26回*	平成21年9月2日	PWR施設の耐震安全性
第30回*	平成21年9月10日	PWR施設の耐震安全性
作業会合	平成21年9月18日	震源を特定せず策定する地震動
第32回*	平成21年10月2日	PWR施設の耐震安全性
現地調査	平成21年10月13日	PWR現地調査(川内原子力発電所)
第34回*	平成21年10月15日	基準地震動 S_s の策定
作業会合	平成21年10月16日	震源を特定せず策定する地震動
第36回*	平成21年10月23日	PWR施設の耐震安全性
第22回特別委員会	平成21年10月28日	検討状況の報告
第37回*	平成21年10月30日	基準地震動 S_s の策定
第38回*	平成21年11月6日	活断層調査・認定、基準地震動 S_s の策定
作業会合	平成21年11月10日	震源を特定せず策定する地震動
作業会合	平成21年11月13日	震源を特定せず策定する地震動
第23回特別委員会	平成21年11月17日	震源を特定せず策定する地震動 WGの検討のポイントについて
第43回*	平成21年11月27日	基準地震動 S_s の策定
第46回*	平成21年12月10日	PWR施設の耐震安全性
第48回*	平成21年12月16日	基準地震動 S_s の策定
第49回*	平成21年12月18日	PWR施設の耐震安全性
第52回*	平成22年1月7日	保安院の評価結果、基準地震動 S_s の策定
第53回*	平成22年1月8日	保安院の評価結果、PWR施設の耐震安全性
第54回*	平成22年1月12日	施設の耐震安全性、まとめ案
第55回*	平成22年1月13日	基準地震動 S_s の策定、まとめ案
第35回施設健全性評価委員会	平成22年1月19日	検討状況の報告(まとめ案)
第56回*	平成22年1月19日	基準地震動 S_s の策定、まとめ
第24回特別委員会	平成22年1月22日	見解のとりまとめ

*ワーキング・グループ3の開催
作業会合：地震動解析技術等作業会合

耐震安全性評価特別委員会専門委員

(平成22年1月22日現在)

- 秋山 宏 国立大学法人東京大学名誉教授
- * 池田 安隆 国立大学法人東京大学大学院理学系研究科准教授
- 石田 瑞穂 独立行政法人海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域特任上席研究員
- 伊藤 智博 公立大学法人大阪府立大学大学院工学研究科教授
- ◎ 入倉孝次郎 愛知工業大学客員教授
- 大谷 圭一 独立行政法人防災科学技術研究所客員研究員
- 岡本 孝司 国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
- △ 奥村 晃史 国立大学法人広島大学大学院文学研究科教授
- △ 鹿島 光一 財団法人電力中央研究所軽水炉高経年化研究総括プロジェクトリーダー
- 加瀬 祐子 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・地震研究センター研究員
- 釜江 克宏 国立大学法人京都大学原子炉実験所附属安全原子力システム研究センター教授
- * 川瀬 博 国立大学法人京都大学防災研究所教授
- 京谷 孝史 国立大学法人東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授
- 隈元 崇 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科准教授
- * 桑原 文夫 日本工業大学工学部建築学科教授
- 越村 俊一 国立大学法人東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター准教授
- 古関 潤一 国立大学法人東京大学生産技術研究所教授
- * 小長井一男 国立大学法人東京大学生産技術研究所教授
- * 笹谷 努 国立大学法人北海道大学大学院工学研究科教授
- * 白鳥 正樹 国立大学法人横浜国立大学安心・安全の科学研究教育センター教授
- 住田 裕子 ふじ合同法律事務所弁護士
- 高倉 吉久 東北放射線科学センター理事
- 高橋 滋 国立大学法人一橋大学大学院法学研究科教授
- * 谷 和夫 国立大学法人横浜国立大学大学院工学研究院教授
- * 塚田 隆 独立行政法人日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究部門研究主席
- 佃 栄吉 独立行政法人産業技術総合研究所研究コーディネータ
- 徳山 英一 国立大学法人東京大学海洋研究所教授
- 中西 友子 国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科教授
- * 中埜 良昭 国立大学法人東京大学生産技術研究所教授
- 中村友紀子 国立大学法人新潟大学工学部建設学科講師
- 西村 昭 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門副研究部門長
- * 東原 紘道 独立行政法人防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター長
- * 松岡 裕美 国立大学法人高知大学理学部准教授
- 宮下由香里 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・地震研究センター主任研究員
- 持尾 隆士 近畿大学生物理工学部教授
- ☆ 山岡 耕春 国立大学法人名古屋大学大学院環境学研究科教授
- 山崎 晴雄 公立大学法人首都大学東京大学院都市環境科学研究科教授
- * 米山 望 国立大学法人京都大学防災研究所准教授

◎…委員長、○…副委員長 ☆…WG3 主査、△…WG3 副主査、*…WG3 構成員

ワーキング・グループ3 (WG3) の検討においては、WG3 構成員以外の耐震安全性評価特別委員会の専門委員も加わって検討がされた。