

「耐震設計審査指針の改訂に伴う中国電力株式会社 島根原子力発電所 1、
2号機耐震安全性に係る中間報告の評価について」に対する見解

2 2 安 委 決 第 7 号
平成 2 2 年 3 月 1 8 日
原子力安全委員会決定

当委員会は、平成 2 2 年 3 月 1 6 日に耐震安全性評価特別委員会で取り
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中国電力株式会社 島根原子力発電所 1、2号機耐震安全性に係る中間報告の評価について」に対する見解

平成22年3月16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とした。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、中国電力株が行った「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、平成20年4月30日一部補正）（以下「中間報告書」という。）の確認が進められ、平成20年12月26日に「耐震設計審査指針の改訂に伴う中国電力株式会社 島根原子力発電所 1、2号機耐震安全性に係る中間報告の評価について」（以下「評価報告」という。）がとりまとめられ、平成21年1月8日、原子力安全委員会に報告された。

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、中国電力株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直接実施し、保安院と並行して検討を進めてきた。

なお、評価報告を原子力安全委員会が受領した以降の検討の段階において敷地前面海域の活断層評価やアスペリティの応力降下量（短周期レベル1.5倍）の評価等に伴う基準地震動の一部見直し等が行われた事項及び特別委員会の検討の過程で判明した統計的グリーン関数作成に係る解析プログラムの手法の違いの評価及びその検討を踏まえた施設の耐震安全性評価については、評価報告に記載はないが、中国電力株から説明を受け検討を実施したので、本見解の中ではこれらの検討を踏まえて、特別委員会としての見解を述べることとしている。

特別委員会は、中国電力株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

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。）、及び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、中間報告書等に関して中国電力(株)が保安院に対して行った説明内容を中国電力(株)から直接聴取すると共に、保安院から審議の経過を聴取することにより検討を進めてきた。また、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(株)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造物・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」に沿って評価されていること。

○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評価されていること。

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

○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

構造特性が適切に考慮されていること。

- (3) 特別委員会は、島根原子力発電所の敷地近傍には、^{しんじ} 宍道断層があることから、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、2000年鳥取県西部地震の当該サイトで得られた地震観測記録が、入力地震動や建物・構築物の解析手法、解析モデル、評価手法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、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、横ずれ断層についての専門的検討、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等について、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た。

施設の耐震安全性の検討に関して、島根原子力発電所1号機と2号機が同一敷地内に設置されていること及び原子炉の炉型が同種（BWR）であること等から両者の差異について留意しつつ検討を行った。

なお、上記検討にあたっては、2回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。

- 宍道断層の活断層評価
- 敷地前面海域の活断層評価
- 海上音波探査記録等の原資料の確認
- 航空レーザ計測データに基づいた詳細な変動地形等の確認
- 強震動評価手法の検討
- 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
- 島根原子力発電所で観測された地震動の知見の反映（2000年鳥取県西部地震）
- 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
- 解析業務における不適合事象への対策

- (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、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て検討を行った。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、宍道断層の断層長さ及び海域の活断層について重点を置き、慎重に検討を行った。宍道断層は、横ずれ断層であり、活動性も低く、また末端部で連続性も悪く、地形も不鮮明な箇所、耐震設計上考慮する活断層として認定することについては、慎重な検討が必要であること、また、東端については、複数のとなりあう谷地形が屈曲しているような様相を示す地形が見られるという指摘等の公的な場での科学的論点については慎重に傾聴することが重要と考え、作業会合を開催し、専門家の意見を聞きつつ、特に慎重に検討を実施した。

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) 宍道断層について

①西端について

○保安院の海上音波探査結果も踏まえ、活断層が古浦沖の海底に存在する可能性は低いと考えられる。調査が困難な沿岸部に沿って活断層が通る可能性も同様に低いと考えられるが、今後、新しい調査手法等ができた段階では確認すべきである。

○^{おしま}男島付近のCランクの変位地形・リニアメントに関しては、変動地形学的な整理が行われ、活断層による変動地形ではないことを確認した。

○中国電力株の判断は各種の調査を元にした総合的な判断であることから、活断層であるとの判断が下された最も西よりの地点である^{さだほんごうさこや}佐陀本郷廻谷において断層の活動性に関する情報が必要であると判断し、追加調査を提案して、その結果について検討を実施した。

中国電力株は、佐陀本郷廻谷において追加ボーリング調査を実施し、浅い部分の地質層序・年代等を検討し、その結果、以下のことを確認した。

・沖積層を細区分(細粒層(約7,000~10,000年前)、シルト~砂層(約20,000年前)及び青灰色砂礫層(約25,000年前))することにより、①砂礫2層中に断層が認められたこと、及び②シルト~砂層(約20,000年前)及び青灰色砂礫層(約25,000年前)には高度差が認められるが、細粒層(約7,000~10,000年前)は地表と概ね平行に分布しており、断層による大きな変位は認められないこと。

・断層の上位に位置する大山松江軽石層を含む地層だけでなく、今回の調査結果により、シルト~砂層(約20,000年前)及び青灰色砂礫層(約25,000年前)にも断層を挟んで高度差が認められるため、本地点は後期更新世以降の断層活動が認められると判断をしたこと。

- ・ 今回の調査結果をもとに、ボーリングで確認した地層の高度差を断層による鉛直変位量（累積変位量）として検討した結果、東側（佐陀宮内仲田及び南講武）に比べて小さいこと。なお、活動性の指標については、鉛直変位量（累積変位量）以外の単位変位量や平均変位速度は明らかにすることは出来なかったこと。
- ・ 上記調査結果から、佐陀本郷廻谷地点では、後期更新世以降の断層活動が認められるが、東側よりも谷の屈曲量及び鉛直変位量（累積変位量）が小さいことから、断層の活動性は低く、耐震設計上考慮する活断層の末端に近いと考えられると判断したこと。

② 下宇部尾等について

- 下宇部尾北トレンチの編年、地質層序に関して、下宇部尾北トレンチで確認された火山灰の試料分析結果より、大山松江テフラのすぐ下の地層にはカミングトン閃石を含むテフラがないことを確認した。
- 再堆積したテフラの場合、再堆積の過程で鉱物の選択や特定の鉱物が風化することもあるので、斜方輝石が含まれないことは積極的な根拠とはならないと考える。しかし、仮に大山奥津テフラが存在するとしても、年代層序的には大山松江テフラより大きく隔たっているということが確認できたことから、下宇部尾北トレンチの層序と断層活動時期について、中国電力株の判断に問題はない。
- 中海に関しては、保安院の海上音波探査結果も踏まえ、検討した結果、海底下最大50m程度までの記録において、活断層はないことを確認した。

③ 東端について

- 森山と福浦では、複数のとなりあう谷地形が屈曲しているような様相を示す地形が見られるとの指摘がある。中国電力株は、福浦においてDランクのリニアメントを判読し、はぎとり調査の結果、耐震設計上考慮する活断層は認められないとしている。また、森山ではリニアメントは認められず、はぎとり調査の結果、耐震設計上考慮する活断層は認められないとしている。しかし、これら境水道沿いの谷地形については、変動地形の空中写真判読からは、高い精度で推定断層通過地点を特定することは困難であるとの指摘もある。

こうしたことから、推定活断層に関する情報として、変動地形学的手法以外の地質層序・年代等を調べる地質調査と地球物理学的手法を組み合わせ、活断層の存否の判断をより確実にする情報を得るため、追加調査を提案した。

中国電力株による追加調査として、森山において、推定活断層を含む範囲での反射法地震探査（S波探査、約300m）、ボーリング調査（2本、基盤までの深度約20m）を実施し、断層の有無、地質層序・年代等を検討し、その結果、以下のことを確認した。

- ・完新世に堆積した地層に変位・変形がみられないこと。
- ・S波探査150m付近から南側の上部更新世に堆積した地層に変位・変形がみられないこと。
- ・基盤岩上面に変位・変形がみられないこと。なお、S波探査150m付近の基盤岩の高まりについては、浸食によって削り残された部分と考えられるとする事業者の考え方に大きな矛盾はないと考える。

以上のことから、宍道断層の評価・認定に関して、追加調査結果（佐陀本郷廻谷及び森山）及びこれまでの宍道断層に係る検討から総合的に考えると、耐震設計上考慮する宍道断層の長さ約22kmを妥当とした保安院の判断に問題はない。

（2）敷地前面海域の断層及び撓曲について

敷地前面海域の断層及び撓曲を検討するにあたり、データの分解能や解釈において、中国電力株の現状のデータでは確実とは言えないとの意見があり、不確実性を考慮して評価する必要があることから、保安院の海上音波探査結果も踏まえ検討を実施した。

○F-V断層について中国電力株は、保安院の実施した海上音波探査結果からB_x層が欠如しており、C層上部の変形は否定できないため、後期更新世以降の活動は不明であるとされたことから、その西方への連続性について検討した。その結果、F-V断層及びそれに連続するK-8撓曲は、分布及びセンスが調和的であり、ともに後期更新世以降の活動が否定できないことから、一括して「FK-2断層」と呼び、その長さを約19.5kmと再評価した。更に、FK-2断層とF-IV断層が仮に連続するものとし、その長さを約39.0kmとして地震動評価を実施しており、保安院の評価結果を踏まえた検討結果に問題はない。

○保安院の実施した海上音波探査結果から、これまで中国電力株が実施したスパーカー記録では不鮮明な部分が確認できた。この結果から中国電力株が高角の断層を推定しているF-III、F-IV断層等は断層ではない可能性もあるのではないかと指摘があった。また、C-D₂層にみられる反射断面記録（例：F-IV断層を横切るNo. 27測線（スパーカー記録））は、褶曲構造ではないかという指摘もあった。

これについて検討した結果、F-IIIやF-IV断層と認定する断層の近傍で層理面が識別されない理由は、断層近傍のD₂層の傾斜が急角度のためと考えられる。このため、中国電力株に、①発震体、受震体、反射点のジオメトリと地層傾斜角を考慮し、2次元モデルで反射波の受信の可否についてのシミュレーション、②後方散乱波の影響についての評価を実施することを求めた。その結果、

- ・反射波の受信の可否についてのシミュレーションについては、その確認

の目的であるdip move outによりイメージが行われなかった可能性があることが明らかとなった。また、該当する海上音波探査では、発震体、受震体がほぼ同位置にあり、オフセットがほぼゼロであること、また断層面3次元構造が複雑であることが推察されることから、dip move outの影響が顕著になったと考えられる。

- ・後方散乱波の影響について、マイグレーション処理を実施したものと比較検討が行われ、その影響を確認した。

○上記検討結果を踏まえて、F-Ⅲ断層とF-Ⅳ断層について連続した海上音波探査記録を確認した。特に、F-Ⅲ断層の西端の止めであるNo. 22測線及びNo. 21～No. 25の測線に関しては、更に南側の海上音波探査記録を確認して検討を行った。

その結果、F-Ⅲ、F-Ⅳ断層の中間部においてNo. 23. 5W測線のD₁層とD₂層の境界の記録は地層の変形状況から断層とも解釈できる。また、敷地前面海域の他の断層（例：F-Ⅳ断層、F-Ⅴ断層）では、D₁層とD₂層の境界に断層が雁行状に位置しており、こうした状況を踏まえるとF-Ⅲ断層～F-Ⅳ断層の検討結果についても、D₁層とD₂層の境界の解釈を再検討する必要があると考えた。

これを受け中国電力株は、F-Ⅲ断層～F-Ⅳ断層の間について、現行の音波探査記録に加えて、これらと交差する東西方向の音波探査記録ならびに保安院及び旧地質調査所（現 独立行政法人産業技術総合研究所）の音波探査記録も使用して確認したとしている。その結果、F-Ⅲ断層～F-Ⅳ断層の間に断層を示唆する反射面の不連続や屈曲は認められないが、音波探査記録についてD₁層とD₂層の境界が一部不明瞭となっており、F-Ⅲ断層～FK-2断層は雁行状に位置していること、及び、F-Ⅲ断層～F-Ⅴ断層は主としてD₁層とD₂層の境界に位置していることから、念のためF-Ⅲ断層を西方へ延ばして基準地震動への影響を検討している。

地震動評価では、F-Ⅲ断層からFK-2断層まで連続すると仮定して断層モデルを用いた手法（プログラムB：内容は、2. 2（3）3）に記載）により評価した結果、基準地震動Ss-1に包絡されているとしている。

特別委員会では、上記記載のD₁層とD₂層の境界に断層が雁行状に位置していること、音波探査記録が一部不明瞭であること及び旧地質調査所の海洋地質図ではF-Ⅲ断層の西の延長線上に断層を想定していること等を踏まえると、F-Ⅲ断層西方延長の断層を考慮すべきであるという意見があった。

F-Ⅲ断層の西の延長部は、検討用地震を考える上でも重要である。また、本来、適切な活断層調査を行い、その結果を考慮して地震動評価における断層モデルを設定することが重要であるが、現時点では基準地震動Ssを下回っており安全上支障があるとは考えられないことから、最終報告までに旧地質調査所のデータ等も含めてF-Ⅲ断層～F-Ⅳ断層間や敷地側海域の構造の評価等について更なる検討を実施することを求める。

- 地質層序については、 B_2 層、 B_3 層、C層の年代の直接的証拠はなく妥当性確認はできないが、考え方には論理性があると考え。なお、この海域は、後期更新世の前後を確認するためのB層が欠如しているが、上記の層序には直接的に影響はない。
- 評価、判断のプロセスがたどれるようなデータを公開することが重要であり、調査に使った生データが広く公開されることを望む。

(3) ^{みほのせきちよう}美保関町東方沖合の活断層評価について

美保関町東方沖合の活断層評価について、この海域には、古い構造境界があり（「日本地質構造図1:300万，日本地質アトラス（第2版），地質調査所編」（脇田他、1992））、弱線（面）が存在していること等から、宍道断層と鳥取沖西部断層の連動を検討する必要があるとあり、保安院の実施した海上音波探査結果を踏まえ、完全に断層が通る可能性のある部分をまたいだ海上音波探査記録を確認する等、慎重に検討を実施した。

○美保関沖について、海底下最大150m程度までの記録により、JNS-m測線上の1箇所において、後期更新世の地層（ B_1 層下部）に変形が認められたとする保安院の評価は妥当である。

また、それに伴う中国電力(株)の評価として、鳥取沖西部断層を西側に7km延長し、約33kmと再評価していることを確認した。さらに鳥取沖西部断層を約33kmとし、策定した地震動は宍道断層による地震を大きく下回ることから、敷地に与える影響は小さいと判断していることを確認した。

○美保関沖について、JNS-l測線では活断層は認められず、宍道断層は鳥取沖西部断層と連続していないことを確認した。

2. 2 基準地震動の評価について

(1) 解放基盤面の設定及び地盤モデル

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。

- ボーリング調査及びPS検層結果より敷地はS波速度1.5km/s以上であり、解放基盤表面は著しい風化を受けていない堅硬な岩盤で拵がりのあるE.L. -10m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。
- 地盤モデルに関して、はぎ取り解析での伝達関数、深部を含む地盤モデルにおいて地震基盤から各観測点間の伝達関数等を確認した。また、はぎ取り解析で用いた地盤モデルの減衰定数は、島根原子力発電所3号機の原子炉設置変更許可申請の安全審査に用いたものであることを確認した。

(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。

○地震発生層の上下限については、2000年鳥取県西部地震の稠密余震観測による震源深さ分布、敷地周辺で発生した地震の震源深さ分布、震源深さ分布から求めたD10、D90 (D95)、Zhao (1994) によるコンラッド面の深さ及び岩崎・佐藤 (2009) の結果等も考慮して検討しており、これらの情報を総合的に勘案し、不確かさも考慮して上限を2km、下限を15kmと設定している判断に問題はない。

(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には、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ことが必要である。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、敷地周辺の地震の発生状況等から敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層として宍道断層を選定していること。また、既往地震として880年出雲の地震に関し、古い時代の出来事であり震源要素に種々の見解があるため、検討用地震として選定していることは適切である。

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、慎重に検討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」に検討の手法を定めた。

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。

○宍道断層は敷地に近いためJEAG4601-2008に示された式の適用範囲外とし、他の適切な距離減衰式を用いて応答スペクトルに基づく地震動評価を、また、880年出雲の地震についてはJEAG4601-2008に示された式を用いて地震動評

価を行い、それらの評価結果を包絡するように基準地震動Ss-1を設定している。

応答スペクトルに基づく地震動評価においては、「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討されていることから適切な評価がされている。

○模擬地震波の作成は、JEAG4601-2008に従い継続時間、振幅包絡線の経時変化に留意した評価が行われていること等から適切な評価が行われている。

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ると考えられる地震については、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。さらに、2000年鳥取県西部地震の観測記録が敷地内で得られていることから、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ることが重要である。

特別委員会は、以上のこと等に重点を置き検討を行った。

○評価報告では、基準地震動Ss-2について宍道断層の断層モデルの不確かさとして「アスペリティの応力降下量（短周期レベル）1.5倍」（実質約1.3倍）を考慮したケースにて策定したものを採用している。

しかし、その後の見直し検討にて「アスペリティの応力降下量（短周期レベル）1.5倍」について異なる評価方法を採用しており、Ss-2は見直し後の評価結果に変更された。（433gal (NS)、380gal (EW)、124gal (UD)）。

保安院は、上記見直しについてその内容の妥当性確認はしているが、本件に関する評価報告の見直しは、中国電力㈱から提出される最終報告書のとりまとめを行う段階で修正するとしている。

特別委員会は、見直しのされた基準地震動Ss-2に対して、その妥当性、施設の耐震安全性等の検討を行うこととした。

○特別委員会における検討の過程において、統計的グリーン関数法に係る解析プログラムの手法に違いがあることが判った。そこで以下の2つのプログラムの違いについて、その内容及び地震動評価における影響などについて検討を行った。

■プログラムA：統計的グリーン関数の目標震源スペクトルへのフィッティングに関して、Brune（1970）の考え方に基づくもの（目標スペクトルに包絡される場合）

■プログラムB：統計的グリーン関数の目標震源スペクトルへのフィッティングに関して、目標スペクトルに一致する場合

(なお、本見解では、「プログラムA」、「プログラムB」と呼ぶ。)

検討の結果、両者のプログラムでは、統計的グリーン関数の作成時点での目標震源スペクトルとのフィッティングによる差によって合成結果に差が生じる可能性は否定できないことが判明した。これは手法の違いであって、方法論そのものに誤りがあるわけではないが、プログラムBを使った方がより保守的な評価を与えるものである。

中国電力(株)は、プログラムAの手法に問題がある訳ではないが、目標震源スペクトルにできるだけ適合させるプログラムBの方がより保守的に評価されることから、確認のため以下の地震動評価についても、プログラムBによる検討を実施した。

- ・ 宍道断層（不確かさを考慮したケースを含む）の地震動評価
- ・ 基準地震動Ssレベル確認用地震動（宍道断層34km）の評価
- ・ 「震源を特定せず策定する地震動」のレベル検証（プログラムAでは実施していない。）

なお、以下の検討結果の記載については、断りのない限りプログラムAで実施した検討についての記載である。

- 震源断層のパラメータは、活断層調査結果に基づき、地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」（以下「レシピ」という。）等の最新の研究成果を考慮し適切に設定されている。
- アスペリティの位置については、活断層調査結果をもとに、明瞭な屈曲が認められる位置等に配置している。また、敷地への影響を考慮し、安全側になるよう断層上端に配置していることを確認した。
- アスペリティの応力降下量（短周期レベル）については、前述したように評価報告の段階では正しく評価されていなかったが、その後の変更により、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ1.5倍に設定していることを確認した。
- 宍道断層の断層モデルによる地震動の評価に際しては、震源近傍では要素地震として適切な観測記録が得られていないため、統計的グリーン関数法及び理論的方法を適用したハイブリッド合成法を用いて実施している。

統計的グリーン関数法やハイブリッド合成法による地震動評価においては、①震源から評価地点までの地震波の伝播特性、地震基盤からの増幅特性が地盤調査結果等に基づき評価されていること、②ハイブリッド合成法による理論的地震動評価では、必要に応じて深部及び浅部の三次元不均質地下構造モデルが用いられていること、③地下構造モデルの妥当性が、地震観測記録によって確認されていることが必要である。これらについては、「検討のポイント」に沿って実施されていることを確認した。

また、ハイブリッド合成法を用いた検討における接続周期が適切に設定さ

れていることを確認した。

- 統計的グリーン関数法を用いる場合は、乱数による影響が評価されていること。また、用いた統計的グリーン関数の設定特性への適合性が確認されていることが必要である。

中国電力(株)の統計的グリーン関数法を用いた検討においては、乱数を用いて実施した5ケースの平均としているが、スペクトルレベルを合わせるとすると、一般的には20~30ケースは必要であると考えられる。これについて、中国電力(株)は、当初実施していた乱数5ケースに加えて、15ケースの地震動評価結果を追加実施した。その結果、乱数5ケースの平均値及びばらつきと乱数20ケースの平均値及びばらつきには、大きな差はないことを確認した。

また、乱数5ケースの平均値を与える地震動は、一部周期帯域において基準地震動 $Ss-1$ を上回ることから、これを基準地震動 $Ss-2$ としていることを確認した。

- 中国電力(株)は、宍道断層の地震動評価（断層傾斜角、破壊開始点及び応力降下量の不確かさを考慮したケースを含む）について、より保守的な評価を与えるプログラムBにより確認のため検討を行った。

その結果、基本ケース、断層傾斜角の不確かさを考慮したケース及び破壊開始点の不確かさを考慮したケースについては、基準地震動 $Ss-1$ に包絡されていることを確認した。また、応力降下量の不確かさを考慮したケース（短周期レベルを1.5倍した場合）については、一部周期帯で基準地震動 $Ss-1$ 及び $Ss-2$ を上回ることから、念のため、この地震動により安全上重要な機能を有する主要な施設についても耐震安全性の確認を実施した。

検討結果については、2. 3に記載する。

- 宍道断層の活断層としての評価・認定に関して、追加調査結果及びこれまでの宍道断層に係る検討から総合的に考えると、耐震設計上考慮する宍道断層の長さ約22kmを妥当とした保安院の判断に問題はない。

一方、宍道断層は、活動度が比較的low、端部を地形学的に認識することも容易ではない。特に、東端については、複数のとなりあう谷地形が屈曲しているような様相を示す地形が見られるという指摘等の公的な場での科学的論点についても傾聴することが必要と考え慎重に検討をしてきた。このように、活断層研究者の間でも必ずしも考えが一致していないのが現状と考える。

こうした経緯を踏まえ、地震動評価において、さらに慎重な検討が必要と考え、確認用地震動として断層長さを22kmよりも延ばしたケースを念のため検討し、断層長さを22kmとした基本モデルと地震動レベルを比較検討することとした。なお、これは、今回の宍道断層における、断層の長さの地震動への影響を知る上で重要な試算であり、地域住民の安心へもつながるものと考ええる。

中国電力(株)は、これを受け、これまでの調査結果を踏まえて、断層長さ34kmと設定する確認用地震動（34kmモデル）の検討をプログラムBで実施した。

その結果、確認用地震動（34kmモデル）の評価結果は、断層長さを22kmとした基本モデルより大きめの地震動レベルであるが、基準地震動Ss-1にほぼ包絡されていることを確認した。

○中国電力(株)は、断層モデルの地震動評価において、レシピ（H18.9.25版）により、断層長さ（L）×断層幅（W）から面積を求め、地震規模をMj6.9と算定している。

これに関して、原子力安全委員会は、レシピ（H20.4.11版）の趣旨を踏まえて、断層長さ（L）から松田式により地震規模を算定する手法についても考察を加えることとし、中国電力(株)に対して、宍道断層による地震動評価に関して、確認用地震動として断層長さ（22km）から松田式により算定した地震規模（Mj7.1）を基にした評価を求めた。（プログラムBにより評価）

その結果、基準地震動Ss-1に包絡され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Ss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の2つを示している。

中国電力(株)は、敷地・敷地近傍において、検討用地震である宍道断層以外に耐震設計上考慮する活断層が認定されていないため、「検討のポイント」に基づき、島根サイト直下に仮想の震源断層を設定し、断層モデルを用いた手法による地震動評価により震源近傍における平均的な地震動レベルを評価し、地震動レベルの妥当性の検証を実施している。

特別委員会は、以下のこと等から保安院の評価は結果として適切であることを確認した。

○地震規模評価に関して、地震本部による震源断層を予め特定しにくい地震の領域ごとの最大規模を参考に、地域ごとの地震発生層の上限・下限や断層傾斜角等の地域性を考慮して設定しており、具体的には以下の検討を実施しており、適切に評価されている。

震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、地震発生層を飽和する震源断層による地震と考え、地震発生層の上限から下限まで拡が

る断層幅及びそれに等しい断層長さをもつ震源断層を仮定して検討した結果、地震規模は、M6.4～M6.6と算定している。一方、地震本部（2009）によると、敷地が位置する領域（10D2の領域）における「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模は1872年浜田地震によるM7.1とされている。

中国電力株は、「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模はM6.6と考えられるが、1872年浜田地震については震源断層との関連が明らかになっていないことから、「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模としてM7.1を採用している判断に問題はない。

○上記を踏まえた、震源断層モデルの設定については、断層長さを「震源を特定する地震」が22kmであることから、「震源を特定しにくい地震」の断層の長さについて22kmを上限と考えている。また、断層傾斜角、断層幅の不確かさを考慮して設定している。また、地震本部（2009）によるレシピには参考に各種パラメータが設定されているが、平均すべり量D（cm）、平均応力降下量 $\Delta\sigma$ （MPa）については、断層長さと断層幅の関係からレシピより大きめの設定としている。

中国電力株の検討は、一部のパラメータが地震本部（2009）によるレシピとは違っているが、レシピより大きめの地震動レベルとなることから断層モデルの設定に問題はない。

○「検討のポイント」に基づき、上記の考え方で島根サイト直下に仮想の震源断層を設定し、統計的グリーン関数法を用いた地震動評価を行い、震源近傍における平均的な地震動レベルを評価した結果、震源近傍における平均的な地震動レベルは、JEAG4601-2008に基づく応答スペクトル及び基準地震動Ss-1を全ての周期帯で下回っていることから、「震源を特定せず策定する地震動」については基準地震動Ss-1で代表させていることを確認した。

（5）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

①敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について

原子力安全委員会は、中国電力株の策定した基準地震動Ssが、地震調査研究推進本部のレシピに基づいた地震動評価結果に比べてどの程度の安全性を有しているかについて把握することとした。

具体的には、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本部のレシピに基づき設定し、以下のケースについてハイブリッド法による地震動評価を実施した。

Case1：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、宍道断層22km、90度、アスペリティ位置を中央としたモデル

Case2：宍道断層22km、90度、アスペリティ位置を上端（中国電力株の基本震源モデル）としたモデル

Case3：中国電力株の基本震源モデルから東端を15km、西端を1km延長した38kmモデル

Case4 : 中国電力株の基本震源モデルから東端を7km、西端を1km延長した30kmモデル

Case5 : 中国電力株が実施した宍道断層を延長した34kmモデル

その結果、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価結果について、以下内容を確認した。

- Case1より、中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ハイブリッド合成法による評価結果と中国電力株が実施した評価結果が、同程度であることを確認した。
- Case1・2より、中国電力株の計算結果が適切であることを確認した。
- 原子力安全委員会が実施したCase3・4・5については、一部の周期帯で基準地震動 S_s-1 を上回っていることを確認した。
- 原子力安全委員会が実施したCase5の速度応答スペクトルは、中国電力株の計算結果に対して一部周期帯で上回っていることを確認した。その原因は、破壊伝播速度のばらつきとの与え方や代表波の選択方法の違いによると推測される。

②震源を特定せず策定する地震動関係について

中国電力株は、震源を特定せず策定する地震動レベルの検証に当たり、地震規模（Mj7.1）の震源断層を想定し、震源近傍の面的な地震動評価を行い、平均的な地震動レベルから妥当性を確認することとしている。

また、震源断層モデルは、震源を特定できない地震規模（Mj7.1）が震源を特定できる宍道断層による地震規模（Mj6.9）より大きく設定されていることから、宍道断層の長さを超えないように設定することとしている。

しかし、この様な震源断層モデルによる地震動レベルは、レシピに基づいた標準的な震源断層モデルによる地震動評価結果とは異なることが明らかであると考えられる。

これらのことから、原子力安全委員会は、宍道断層による地震動評価に関し、断層長さ（22km）から求めた地震規模（Mj7.1）を基にした震源断層モデルによる評価結果を参考にすることも必要と考え、地震動評価を実施した。

また、今後の震源を特定せず策定する地震動の評価の参考とするため、一部の震源断層パラメータがレシピから外れた震源断層モデルによる地震動レベルとレシピに基づいた震源断層モデルによる地震動レベルの確認を実施した。

具体的には、震源を特定せず策定する地震動を検証する際の震源断層モデルを検討するため、以下のモデルについて統計的グリーン関数法による地震動評価を実施した。

Case I : 断層長さ(L)=断層幅(W)=15km、傾斜角90度、アスペリティ位置を中央と下端としたモデル

CaseⅡ：断層長さ(L)=断層幅(W)=17km、傾斜角60度、アスペリティ位置を中央と下端としたモデル

CaseⅢ：宍道断層(22km)を基に断層長さ(L)=28km、断層幅(W)=15km、傾斜角90度、アスペリティ位置を中央としたモデル

CaseⅣ：宍道断層(22km)を基に断層長さ(L)=25km、断層幅(W)=17km、傾斜角60度、アスペリティ位置を中央と下端としたモデル

その結果、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価結果について、以下の内容を確認した。

- 震源を特定しにくい地震をMj7.1として、断層幅(W)を地震発生層の厚さに基づき設定し、断層長さ(L)=断層幅(W)とした場合、応力降下量がレシピの2倍程度となる。このモデルによる地震動レベルは、アスペリティ位置を下端に設定しても、司・翠川(1999)の距離減衰式に比べて過大な評価となる。
- 上記のことから、震源を特定せず策定する地震動の検証に用いる震源断層モデルは、レシピに基づいた標準的なパラメータを考慮して設定する必要がある。
- レシピに基づいた標準的な震源断層モデルにより原子力安全委員会が実施したCaseⅢ・Ⅳの結果から、中国電力㈱の震源を特定せず策定する地震動のレベルは、概ね標準的な地震動レベルを評価している。

2. 3 施設の耐震安全性について

施設の耐震安全性評価については、2000年鳥取県西部地震の当該サイトで得られた地震観測記録が、入力地震動や建物・構築物の解析手法、解析モデル、評価手法等の検証に適切に反映されていることが重要である。

これらを踏まえ、建物・構築物に関して、工事認可時、地震観測記録を用いたシミュレーション解析時における解析手法、解析モデル、評価手法等が、今回のバックチェックに適切に反映されていること等に重点を置き検討を行った。

また、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である。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検討するとともに、弾性設計用地震動 S_d の設定の考え方、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実施した。

なお、以下の検討結果の記載については、断りのない限り、2. 2 (3) 3)に記載のプログラムAで実施した検討についての記載である。

(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、以下のこと等から保安院の評価報告について、基本的に問題はないと判断する。

○地盤の物性値は2号機原子炉建物位置で行った地質調査結果等を踏まえて適切に設定していることを確認した。なお、解析に用いた地盤の物性値は1、2号機共通であることを確認した。

○入力地震動の算定は、解放基盤表面（E. L. -10m）で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論（解放地盤モデル）により二次元FEM地盤モデルの下端（E. L. -215m）まで引き下げて、有限要素法により建物基礎下端での応答波を評価している。

中国電力株は、上記の妥当性を検討するため、二次元FEM地盤モデルの振動特性について把握するため、基準地震動 S_s から入力地震動評価に至る伝播過程における地震動（変位時刻歴波形、加速度フーリエスペクトル、加速度応答スペクトル）と解放地盤モデルによる地震動の比較検討を実施しており、適切な検討がされている。

○入力地震動の振動特性の変化に与える影響について検討を実施した。その結果、二次元FEM地盤モデルの振動特性について把握するとともに、地盤モデル化の妥当性について、以下を確認した。

- ・二次元FEM地盤モデルを用いた平行方向入力と直交方向入力の伝達関数の比較及び地震応答解析結果（加速度応答スペクトル）の比較から、いずれの方向も特別な増幅特性を有してないこと。
- ・SH波の影響について、入力方向をどちらとしても、特殊な増幅特性はなく、表層の低減効果等の影響の大きい要因が適切に表現できるモデルであること。
- ・面内方向（SV波）加振を仮定した2号機のシミュレーション解析結果は振幅レベル及び周波数特性ともに、2000年鳥取県西部地震の観測記録をほぼ良好に再現できていること。
- ・独立行政法人原子力安全基盤機構での埋込み震動効果実験結果より、加振直角方向の埋め込みは、地盤ばねの増大にあまり効果がなく、加振方向の埋め込みが大きく寄与していること。
- ・三次元的地盤形状が入力地震動評価に及ぼす影響について、三次元FEM地盤モデルと二次元FEM地盤モデル（SV波入射）による応答を比較し、波動伝播性状に及ぼすモデル化の違いを解析的に検討した結果、二次元と三次元の結果には顕著な違いが見られず、全体的にほぼ同様な波動伝播性状を評価できていること。

(2) 建物・構築物について

原子炉建物について、地震応答解析モデルの妥当性を検討するため、2000年鳥取県西部地震により得られた観測記録でのシミュレーション解析結果と観測記録を比較すること等により確認を実施した。

特別委員会は、以下のこと等から保安院の評価報告について、基本的に問題はないと判断する。

○2号機原子炉建物のモデル化の妥当性を検討するために、2000年鳥取県西部地震の観測記録を用いたシミュレーション解析を実施している。

2号機原子炉建物のモデル化においては、耐震壁には間仕切壁は考慮せず、RC規準（1999）に基づく材料物性値を用い、埋め込み効果を考慮し、地盤バネについては底面ばね（水平及び回転）及び側面ばねを考慮しJEAG4601-1991追補版に基づき設定している。また床の剛性評価については、床・基礎剛のケースと床・基礎柔のケースについてシミュレーション解析を行い比較して、実測値により整合する床・基礎剛を用いている。

また、サブストラクチャー手法を用いたシミュレーション解析結果について、加速度応答スペクトル、伝達関数、時刻歴波形、フーリエスペクトルを確認することによりその妥当性を検証した結果、一部の床の二次ピークを除いては、シミュレーション解析結果は観測記録に比較して、概ね大きめの結果であること等から、用いた解析手法及び解析モデルは妥当である。

なお、当該モデルは、埋め込み効果を考慮しており、その考え方は、建物・構築物の地下部分の大部分（3面または面積で75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋め込みと同様な埋め込み効果が期待できるとされているという既往研究をもとに、地盤ばねの評価において、建物の地下側面周囲4面の埋め込み状況から、75%以上が周辺の地盤と接している地盤レベルまでを埋め込み範囲として適切に設定していることを確認した。

○地震動によって引き起こされるロッキング振動について検討した結果、当該敷地は、硬質岩盤サイトであり、ロッキング振動の影響が小さいことを確認した。

○原子炉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（ 2.0×10^{-3} ）を下回っていることを確認した。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物の接地率は、基準地震動 S_s に対して、判定値（接地率65%以上）を満足していることを確認した。

なお、プログラムBを用いた応力降下量の不確かさを考慮したケース（短周期レベルを1.5倍した場合）は、一部周期帯で基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 を上回ることから、この地震動により安全上重要な機能を有する主要な施設についても確認のため、耐震安全性評価を行った。その結果、耐震

壁のせん断ひずみの最大値は、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を下回っており、原子炉建物の耐震安全性は確保されることを確認した。

○ 1号機原子炉建物の鉄骨部 (EL+44.0m~59.8m) の評価では、基準地震動 S_s による応答結果から、一部座屈する部材がある。これについて、検討した結果、以下のことから耐震安全性は確保されていることを確認した。

- ・ ブレース材の非線形特性 (復元力特性及び座屈による耐力低下特性) を考慮した基準地震動 S_s によるEW方向地震応答解析の結果、1号機原子炉建物燃料取替床より上部の鉄骨構造部のブレース部材の一部は、EL+50.9mのクレーン階において座屈が発生するが、最大変位分布はクレーン階において急増することなく、鉄骨架構は過大な変形を示さないこと、また、鉄骨架構の塑性率は許容限界である塑性率4に対し余裕を有していること。
- ・ 鉄骨架構の個材の応力状態をチェックするため、地震応答解析で得られた最大応答変位を用いて、平面フレームモデルによる静的非線形漸増応力解析を実施した結果、引張側のブレース材については、弾性範囲内であること。圧縮側のブレースについては、座屈するものの、塑性率は許容限界以下であること及び鉄骨接合部も保有耐力接合となっていること。

なお、プログラムBを用いた応力降下量の不確かさを考慮したケース (短周期レベルを1.5倍した場合) は、一部周期帯で基準地震動 S_s-1 及び S_s-2 を上回ることから、この地震動により1号機の原子炉建物についても確認のため耐震安全性評価を行った。その結果、鉄骨架構の塑性率は許容限界である塑性率4に対し余裕を有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、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た。

特別委員会は、以下のこと等から保安院の評価報告について、基本的に問題はないと判断する。

○ 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機能を有する主要施設 (①炉心支持構造物、②制御棒 (挿入性)、③残留熱除去ポンプ、④残留熱除去系配管、⑤原子炉圧力容器、⑥主蒸気系配管、⑦原子炉格納容器) を評価対象とし、既往評価結果を参考に耐震余裕度が小さい部位について評価を実施していることを確認した。

なお、主要施設以外の耐震安全上重要な施設についての評価は、最終報告で実施するとしている。

○ 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おり、いずれも発生値が評価基準値 IV_{AS} を満足していることを確認した。

- 原子炉建物一次遮へい壁付近の機器・配管系については、2000年鳥取県西部地震の観測記録がほぼシミュレーション解析結果を下回っていることから、適切な耐震安全性評価ができることを確認した。ただし、原子炉建物インナーウォール、アウターウォール付近の安全上重要な機器・配管系のある2箇所での2000年鳥取県西部地震の観測記録が、シミュレーション解析結果による評価を若干上回るケースがある。

これについて検討した結果、中間報告対象では、対応する機器・配管系は残留熱除去系配管のみであること。また、観測記録がシミュレーション解析結果を上回る0.1秒付近の周期帯で観測記録がシミュレーション解析結果を上回るが、これが残留熱除去系配管全体の地震応答解析結果に及ぼす影響は範囲が限定的であり、その影響も少ないことを確認した。さらに、2000年鳥取県西部地震の観測記録がシミュレーション解析結果を上回る程度は、最大でも1.7倍であり、残留熱除去系配管の耐震安全性評価結果の持つ余裕（評価基準値が応答値に対して有する余裕で3倍以上）の範囲内であることを確認した。

- 制御棒挿入性については、基準地震動 S_s による地震応答解析から得られた燃料集合体中央部の相対変位は振動試験により挿入性が確認された相対変位以下であることを確認した。
- 鉛直方向の減衰定数については、基本的に水平方向と同一の値とするが、鉛直地震動に対し剛体挙動する設備は1%としている。いずれも、既往評価において実績のある値であり適切であることを確認した。
- 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いる。また、鉛直方向の減衰定数については、基本的に水平方向と同一の値とするが、鉛直地震動に対し剛体挙動する設備は1%としている。いずれも、既往評価において実績のある値であり適切であることを確認した。
- 構造強度評価の評価基準値については、JEAG4601・補-1984及び(社)日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格（JSME S NC1-2005）」に準拠した値としていること。また、制御棒挿入性の評価基準値については、試験により地震時の制御棒挿入性が確認されている燃料集合体の相対変位を用いたとしていることから評価基準値は適切であることを確認した。
- 工事計画認可時の設計余裕について、シュラウドサポートについては、地震応答解析により求めた評価部位の地震荷重に設計余裕として、1、2号機それぞれ1.4倍、1.2倍の割り増しをしていること。1号機の残留熱除去ポンプの基礎ボルトについてポンプの質量を2倍以上、ボルトの本数を保守側に考慮していることを確認した。
- 断層モデルによる地震動評価に関して、プログラムBを用いた応力降下量

の不確かさを考慮したケース（短周期レベルを1.5倍した場合）は、一部周期帯で基準地震動 S_{s-1} 及び S_{s-2} を上回ることから、この地震動により安全上重要な機能を有する主要な施設として、上記記載の7施設の機器・配管系について、確認のため耐震安全性評価を行った。その結果、1号機、2号機ともに機器・配管系の応力の発生値は評価基準値を満足しており、主要な機器・配管系の耐震安全性は確保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

○弾性設計用地震動 S_d の設定の考え方等については、弾性設計用地震動 S_d を基準地震動 S_s による安全機能保持をより確実なものとする観点から、 $0.5 \times S_{s-1}$ 及び $0.5 \times S_{s-2}$ を包絡するように、弾性設計用地震動 S_d を $0.6 \times S_{s-1}$ として設定しており、その考え方等は妥当である。

○原子炉建物について、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 によ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、弾性設計用地震動 S_d の地震動レベルは、旧耐震指針における基準地震動 S_1 （又は S_1 相当）の地震動と比較してほぼ同程度であり、その応答結果は弾性範囲に収まっていることを確認した。

また、基準地震動 S_s の地震動レベルは、2号機における旧耐震指針に基づく基準地震動 S_2 の地震動レベルより大きくなっているが、1号機及び2号機の工事計画認可時における静的地震力、動的地震力を考慮して設定した設計用地震力に基づく設計及び設計配筋量保守的な設定に拠って耐震裕度が確保されていたことにより、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。

なお、機器・配管系については、弾性設計用地震動 S_d と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補強について

○経年劣化事象については、島根原子力発電所1号機及び2号機ともに、定期検査時に技術基準に基づき計画的に検査を実施しており、中間報告の中で検討対象となる設備（主蒸気系配管、残留熱除去系配管、シュラウドサポート）には、経年劣化の影響を考慮しなければならないような、配管減肉、応力腐食割れ（SCC）による欠陥等が発生していないことから、耐震安全性評価への影響はないことを確認した。

さらに、今後、定期検査時での設備の健全性評価、原子炉施設の定期安全レビューでの健全性評価、高経年化技術評価での健全性評価等に、適宜、新耐震指針を反映していくことを確認した。

○耐震補強については、基準地震動 S_s の地震動レベルは、旧耐震指針に基づく

基準地震動 S_2 （又は S_2 相当）の地震動レベルより大きくなっている。中間報告の対象となる建物・構築物、機器・配管系については、工事計画認可時の地震応力に対する評価基準値に対して余裕を有していることや解析手法（水平方向・鉛直方向の地震力の組合せにSRSS法を適用等）や解析条件（減衰定数の見直し等）によって、今回のバックチェックにより、建物・構築物、機器・配管系の応答が、評価基準値を上回ることはないため、耐震補強工事は実施していない。

なお、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裕度向上工事を実施している。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、1号機については、残留熱除去系配管サポート（13箇所）と主蒸気系配管サポート（8箇所）、2号機については、残留熱除去系配管サポート（13箇所）であることを確認した。

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る。

中国電力株の説明によると、評価手法及び結果の信頼性に関しては、品質マネジメントシステム（Quality Management System、以下「QMS」という。）の下、解析実施者に対して解析業務の品質保証活動として、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、解析実施者へ出向く等して入力根拠書、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としている。さらに、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としている。

上記QMSの下に基準地震動策定に係る解析を実施していたところ、第51回及び第55回のワーキング・グループ3で説明のあった説明資料に誤りがあった。また、誤り確認の過程において、統計的グリーン関数作成に係る解析プログラムに前記2.2（3）3）で述べた2つの手法があることが判明し、その2つのプログラムについて地震動評価における影響の検討等がされた。

特別委員会は、今回の不適合管理、水平展開、再発防止策等が適切に実施されていることが重要だと考え、中国電力株に上記QMSに基づいた処置等について説明を求めた。

今回の誤り等については、中国電力株の確認の過程で自ら発見したもので、その点においては適切な管理がされていたと考えられるが、中国電力株がQMSに基づき今回実施した不適合管理、再発防止策等は、発生した不適合のみへの処置に係るも

のであることから、さらなる取り組みが必要と考える。よって、特別委員会は中国電力㈱に対して以下のことを求める。

- ・中国電力㈱は、本件を重く受け止め、真剣な取り組みを行うこと。
- ・不適合管理、再発防止策等の見直した結果について、最終報告までに報告すること。特に解析条件や結果等の世代管理を適切に行うべきであり、この点に関して適切な対応策を講ずること。

3. まとめ

特別委員会は、中国電力㈱島根原子力発電所1、2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中国電力㈱から保安院に対して行った説明内容及び特別委員会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、保安院から島根原子力発電所1、2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。

さらに、評価報告を原子力安全委員会が受領した後に検討・判明した、敷地前面海域の活断層評価やアスペリティの応力降下量（短周期レベル1.5倍）の評価等に伴う基準地震動の一部見直し等が行われた事項及び特別委員会の検討の過程で判明した統計的グリーン関数作成に係る解析プログラムの手法の違いの評価及びその検討を踏まえた施設の耐震安全性評価については、評価報告に記載はないが、中国電力㈱から説明を受け検討を進め本見解にその結果を反映した。

その結果、特別委員会は、保安院の評価報告は基本的には問題ないものと判断する。

特別委員会は、中間報告対象の主要施設について、耐震安全性評価を実施した結果、安全性が確保されることを確認したが、中国電力㈱において、最終報告までに以下事項についての評価が実施されることが適当であると考える。

○断層モデルによる地震動評価に用いたプログラムに関して、プログラムAを用いることで安全上支障がでることはないが、プログラムBを使った方が、より保守的な地震動を与えることから、プログラムBにより耐震安全性評価を実施すること。

○中国電力㈱がQMSに基づき実施した不適合管理、再発防止策等に関して、

- ・中国電力㈱は、本件を重く受け止め、真剣な取り組みを行うこと。
- ・不適合管理、再発防止策等の見直しを行うこと。特に解析条件や結果等の世代管理を適切に行うべきであり、この点に関して適切な対応策を講ずること。

○敷地前面海域の活断層評価に関して、F-Ⅲ断層の西の延長部は、検討用地震を考える上でも重要である。また、本来、適切な活断層調査を行い、その結果を考慮して地震動評価における断層モデルを設定することが重要であるが、現時点では基準地震動Ssを下回っており安全上支障があるとは考えられないこと

から、最終報告までに旧地質調査所のデータ等も含めてF-Ⅲ断層～F-Ⅳ断層間や敷地側海域の構造の評価等について更なる検討を実施すること。

なお、特別委員会は、保安院に対して、評価報告に記載のない敷地前面海域の活断層評価やアスペリティの応力降下量（短周期レベル1.5倍）の評価等に伴う基準地震動の一部見直し等について、中国電力(株)から提出される最終報告書のとりまとめを行う段階で適切に反映することを求める。また、中国電力(株)が最終報告書の作成に当たって、上記について適切な対応を行うよう指導することを求める。

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、「主要8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」を挙げている。

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を求める。

さらに、特別委員会は、現在、既設の発電用原子炉施設等に関する耐震安全性の確認を実施しているところであり、その検討過程において、建物及び機器・配管系の解析モデル化の精度向上、高度化等を推進することは重要と考えている。保安院及び事業者において、これまでの得られた知見を反映して、解析モデル化の精度向上、高度化等に対する取り組みを積極的に継続・推進することを望む。

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り、こうした取り組みを継続していくことが肝要である。

検討の経過

WG3等	開催日	主な検討事項
第3回ヒアリング	平成20年4月24日	概要説明
第1回*	平成20年8月6日	概要説明
第2回*	平成20年8月28日	活断層調査・認定
現地調査	平成20年9月11日	現地調査(宍道断層、施設)
第3回*	平成20年10月2日	活断層調査・認定
第4回*	平成20年12月4日	活断層調査・認定
第5回*	平成20年12月10日	基準地震動
第6回*	平成21年1月6日	活断層調査・認定、基準地震動 保安院の評価結果
第7回*	平成21年1月19日	活断層調査・認定、基準地震動
第8回*	平成21年1月21日	基準地震動
第13回 特別委員会	平成21年1月21日	WG3 での検討状況の報告
第9回*	平成21年1月22日	活断層調査・認定、基準地震動
第10回*	平成21年2月6日	施設の耐震安全性
第11回*	平成21年2月19日	施設の耐震安全性
第12回*	平成21年3月5日	施設の耐震安全性
第15回*	平成21年4月9日	施設の耐震安全性
第17回*	平成21年4月28日	活断層調査・認定
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
作業会合	平成21年6月1日	横ずれ断層の検討
第20回*	平成21年6月1日	活断層調査・認定
第20回 特別委員会	平成21年6月12日	WG3 での検討状況の報告
第21回*	平成21年6月17日	施設の耐震安全性
第24回*	平成21年7月7日	活断層調査・認定
現地調査	平成21年7月27日	現地調査(宍道断層)
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27回*	平成21年9月3日	施設の耐震安全性
第29回*	平成21年9月7日	活断層調査・認定
第31回*	平成21年9月18日	基準地震動
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
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35回*	平成21年10月20日	基準地震動
第22回 特別委員会	平成21年10月28日	WG3 での検討状況の報告

第39回*	平成21年11月6日	活断層調査・認定
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
第41回*	平成21年11月12日	施設の耐震安全性、保安院の評価結果
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
第44回*	平成21年12月8日	活断層調査・認定、基準地震動
第47回*	平成21年12月10日	施設の耐震安全性
第50回*	平成21年12月22日	活断層調査・認定
第51回*	平成21年12月25日	基準地震動
第55回*	平成22年1月13日	基準地震動
第24回 特別委員会	平成22年1月22日	WG3での検討状況の報告
第62回*	平成22年3月3日	基準地震動
第64回*	平成22年3月9日	活断層調査・認定、基準地震動、施設の耐震安全性
第41回施設健全性 評価委員会	平成22年3月10日	検討状況報告
第65回*	平成22年3月11日	基準地震動
第25回特別委員会	平成22年3月11日	検討状況報告
第66回*	平成22年3月15日	まとめ等
第26回特別委員会	平成22年3月16日	見解のとりまとめ

*ワーキング・グループ3 (WG3) 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 3 月 16 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教育研究部自然科学系理学部門准教授
- 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 (WG 3) の検討においては、WG 3 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。