

島根原子力発電所 2 号炉 新規制基準適合性に係る審査を踏まえた検討・反映事項について

令和 3 年 6 月 18 日

中国電力株式会社

- これまでの審査会合での検討・議論を踏まえ、島根原子力発電所 2 号炉の地震・津波等の評価について取りまとめた。
 ○平成 25 年 12 月の設置変更許可申請時点から、審査会合での検討・議論及び最新知見を踏まえて反映した事項は下表のとおり。

設置変更許可申請書 における項目	申請後の検討・反映事項（審査会合での主な議論）	資料番号
地盤 敷地周辺陸域の地質・ 地質構造	<p>・宍道断層の端部の評価、末端性状及び重力異常について検討を行うため、申請時の宍道断層の西端の西方及び東端の東方の追加調査を実施し、評価長さを見直し（約 22km→約 39km）。</p> <p>【西端の評価】 申請時の西端「古浦西方の西側」を含め、古浦より西側の海域、陸海境界付近、陸域のいずれの調査地点においても、後期更新世以降の断層活動を示唆する地質構造は認められないが、陸海境界付近の調査結果の不確かさを考慮し、ボーリング調査等により精度や信頼性のより高い調査結果が得られており、宍道断層の延長部に対応する断層が認められないことを確認している 「女島」を西端と評価。</p> <p>【東端の評価】 申請時の東端「下宇部尾東」において幅広なほぎ取り調査等の結果、宍道断層に対応する断層は認められず、更に東方の森山におけるトレンチ調査等の結果、後期更新世以降の断層活動は認められない。しかしながら、地震調査研究推進本部（2016）において宍道断層東部を「活断層の可能性のある構造（P 1）」と評価しているため、その周辺の地質について詳細に調査した結果、陸域では一部の断層を除いて上載地層がなく、後期更新世以降の断層活動が完全には否定できなかったこと及び陸海境界付近の調査結果の不確かさを考慮し、島根半島の東方延長部を南北に横断し、稠密な測線間隔で複数の音源による浅部から深部の地質構造を調査した音波探査により精度や信頼性のより高い調査結果が得られ、このうち同一測線における複数の音源による音波探査により、後期更新世以降の断層活動が認められないことを確認し、かつ、明瞭な重力異常が認められなくなる位置の「美保関町東方沖合い」の測線（No. 3.5 測線）を東端と評価。</p> <p>・宍道断層と鳥取沖西部断層の連動評価を行うため、地質・地質構造に関するデータ拡充を実施し、以下に示す検討結果より、宍道断層と鳥取沖西部断層は連動しないと評価。</p> <p>①宍道断層及び鳥取沖西部断層の端部評価について、複数の音源・測線による浅部から深部の地質・地質構造に関する音波探査の結果、後期更新世以降の断層活動は認められないこと。 ②宍道断層及び鳥取沖西部断層の末端性状について、変動地形学的調査及び音波探査の結果、端部付近では断層活動性が低下していること。 ③宍道断層と鳥取沖西部断層の間の地質構造について、音波探査の結果、両断層間に後期更新世以降の断層活動は認められないこと、詳細地質構造に関する検討の結果、D₂層の高まり及びS30断層を横断する断層は認められないこと、宍道断層で認められる明瞭な重力異常は、鳥取沖西部断層へ連続しないこと。</p> <p>・大社衝上断層の西端に関する追加調査結果（音波探査）を反映し、評価長さを見直し（約 29km→約 28km）。 大社衝上断層の西端付近における追加の音波探査の結果、断層活動を示唆する変位や変形が認められない測線を西端と評価し、大社衝上断層を最大約 28km と評価。</p>	資料 2 - 1 資料 2 - 2
敷地周辺海域の地質・ 地質構造	<p>・敷地周辺海域に分布する断層について、断層の端部付近の活動性評価を行うため、断層及びその延長部において複数の音源による音波探査や柱状採泥調査を実施するとともに、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）の知見を踏まえた検討を実施した結果を踏まえ、以下の断層の評価長さを見直し。</p> <p>【F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層（旧F_{K-2}断層（F-Ⅴ断層及びK-8 撓曲））】（約 51.5km→約 48.0km） F-Ⅲ断層の東端付近について、複数の音源による追加の音波調査を実施したこと、採泥調査によりB_{IE}層（中部～上部更新統）が既往の検討結果より厚いことが確認されたこと等により、B_{IE}層に断層活動を示唆する変位や変形が認められないことが確認されたことから、F-Ⅲ断層の東端を見直し、評価長さを最大約 4.5km として評価。F_{K-2}断層の西端付近について、複数の音源による追加の音波調査の結果、K-8 撓曲が連続性を有する活撓曲ではないことが確認されたことから、F_{K-2}断層の西端を見直し、最大約 17.5km を評価。F-Ⅲ断層、F-Ⅳ断層及びF-Ⅴ断層の連動を考慮し、F-Ⅲ断層の東端からF-Ⅴ断層の西端までの最大約 48.0km を評価。</p> <p>【鳥取沖西部断層＋鳥取沖東部断層（鳥取沖西部断層（約 37km）、鳥取沖東部断層（約 51km））→鳥取沖西部断層（約 40km）、鳥取沖東部断層（約 50km）の連動を考慮し約 98km】 複数の音源による追加の音波調査の結果、一部の測線において断層活動性評価を変更したことから、鳥取沖西部断層は最大約 37km から最大約 40km に、鳥取沖東部断層は最大約 51km から最大約 50km に評価長さを変更。鳥取沖西部断層及び鳥取沖東部断層については、その間に上部更新統に変位や変形が及んでいない区間が狭在し、連動の可能性は低いと考えられるが、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）により、鳥取沖西部断層と鳥取沖東部断層が同時に破壊するとしてグルーピングされていることを踏まえて連動を考慮し、鳥取沖西部断層の西端から鳥取沖東部断層の東端までの最大約 98km を評価。</p> <p>【大田沖断層（約 47km→約 53km）】 複数の音源による追加の音波探査の結果、大田沖断層の西端については、申請時の評価に変更はないことを確認。また、大田沖断層の東端については、B_x層（中部～上部更新統）に断層活動を示唆する変位や変形が認められない測線を東端と評価し、大田沖断層を最大約 53km と評価。</p> <p>【F 5 7 断層（約 108km（追加））】 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）により、F 5 7 断層が示されていることから、評価長さの検討を実施。F 5 7 断層は、文献の評価に基づき震源として考慮する活断層として取り扱うが、当該断層の端部付近の活動性評価を行うため、地質調査所の音波探査記録及び複数の音源による音波探査記録により評価長さの検討を実施し、最大約 108km を評価。</p> <p>【K-1 撓曲＋K-2 撓曲＋F_{ko}断層（約 7km→約 36km（F_{ko}断層の連動を考慮））】 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）において、K-1 撓曲の北西にF_{ko}断層が示されている。K-1 撓曲の西端付近における複数の音源による追加の音波探査の結果、K-1 撓曲の西端付近に後期更新世以降の活動が認められる断層が認められ、K-1 撓曲が西方に延伸することが確認されたことから、K-1 撓曲の評価長さを最大約 32.0km として評価。F_{ko}断層は、他機関（地質調査所）の音波探査記録により評価長さの検討を実施した結果、最大約 32.0km と評価。K-1 撓曲及びF_{ko}断層は、両断層の傾斜方向を踏まえると地下深部で会合しないため、連動の可能性は低いと考えられるが、K-1 撓曲に隣接して文献にF_{ko}断層が記載されていることを踏まえ、K-1 撓曲、K-2 撓曲及びF_{ko}断層の連動を考慮した場合の最大約 36.0km を評価。</p> <p>【F-①断層及びF-②断層】 浅部から中深部に至る地質構造の把握を目的とした既往の音波探査結果では断層は確認されていなかったが、古浦～十六島沿岸付近について、深部の地質構造を把握するための追加の音波探査の結果、F-①断層及びF-②断層を確認。両断層は、D₂層に変位や変形が認められるが少なくとも後期更新世以降の断層活動を示唆する変位や変形は認められない。</p>	資料 3

	敷地の地形、地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 過褶曲部の深部における断層の有無を確認するため、関連施設の敷地造成工事にあわせて法面整形を行い、法面観察及び法面スケッチを実施した結果、深部まで続く断層は認められないことから、断層運動に起因する構造ではないと評価。 文献調査、変動地形学的調査、地表地質踏査、ボーリング調査、試掘坑調査等を踏まえ、敷地には、地層と斜交し、破砕を伴う断層は認められないと評価。また、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設直下には、支持地盤を切る地滑り面は認められないと評価。 3号炉調査以降の2号炉周辺のボーリング調査も踏まえ、敷地には地層と平行な断層であるシームが認められること、敷地に分布するシームが同様の成因（南北圧縮応力場に伴う褶曲運動）で形成されたこと、B23シームが最も連続性が高いシームであること、B23シームは出現率が高く、敷地において平面的な広がりをもって分布していることを踏まえ、B23シームを対象にシームの活動性評価を実施。 3号炉付近における追加ボーリング調査により採取したB23シームを対象に薄片観察及びEPMA分析を実施した結果、せん断面を横断するように濁沸石及び方解石が晶出しており、変位・変形を受けていないことを確認。文献調査並びに方解石を対象とした流体包有物試験及び酸素同位体試験を実施し、濁沸石及び方解石の生成条件を評価。 上記検討結果を踏まえ、中期中新世～後期中新世の火成活動により生成したと考えられる熱水変質鉱物がシーム内のせん断面を横断しており、これらが変位・変形を受けていないことから、敷地に分布するシームは後期更新世以降に活動していないと評価。 <p>以上のことから、敷地には、震源として考慮する活断層は認められず、また、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設直下には、「将来活動する可能性のある断層等」は認められないと評価。</p>	資料4-1 資料4-2
地震	地下構造	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録を用いた検討、大深度ボーリングを用いた物理探査等を実施し、敷地及び敷地周辺の地下構造を把握。 2次元地下構造モデルを用いた検討を実施し、敷地の地下構造は水平成層構造とみなせることを確認。 2号地盤及び3号地盤の地下構造モデルを設定し、減衰定数を安全側に考慮すること等により、敷地全体の地震動を安全側に評価することができる地下構造モデルを設定。 	資料5-1 資料5-2
	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	<ul style="list-style-type: none"> 地震調査研究推進本部等の知見を参考に、地震発生層の下限深さを見直し（15km→20km）。 宍道断層による地震の不確かさケースの追加（破壊伝播速度、すべり角、アスペリティ個数・位置、断層傾斜角と破壊伝播速度の組合せ、断層傾斜角と短周期の地震動レベル（1.25倍）の組合せ、破壊伝播速度と短周期の地震動レベル（1.25倍）の組合せ）。 F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震の不確かさケースの追加（アスペリティ個数・位置（一塊：縦長）、断層傾斜角、破壊伝播速度、すべり角、断層位置）。 	
	震源を特定せず策定する地震動	<ul style="list-style-type: none"> 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」に示される16地震について整理。 2004年北海道留萌支庁南部地震について、検討結果に保守性を考慮した地震動に見直し（585Gal→620Gal）。 2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録を追加。 	
	基準地震動	<ul style="list-style-type: none"> 応答スペクトル手法に基づく地震動評価結果に基づき、基準地震動S_{s-1}（600Gal）をS_{s-D}（820Gal）に見直し。 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は全て基準地震動S_{s-D}に包絡されているが、震源が敷地に近い地震については断層モデルを用いた手法を重視する観点から、宍道断層による地震の地震動評価結果のうち、応答スペクトルのピークが基準地震動S_{s-D}に近接しており、地震動レベル（主要な施設の固有周期が存在する周期帯における応答スペクトル比（断層モデル/S_{s-D}）及び剛な機器の耐震設計において着目する最大加速度値）が大きいケースを基準地震動S_{s-F1}、S_{s-F2}として設定。 「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動S_{s-N1}、S_{s-N2}を設定。 	
	年超過確率の参照	<ul style="list-style-type: none"> 活断層の諸元の変更や地震調査研究推進本部の知見等より見直し。 	
地盤	基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価	<ul style="list-style-type: none"> 基礎地盤の安定性評価において、複数の評価対象施設について、設置標高及び基礎形式を踏まえて3つのグループに分類。その後の審査の進捗により、防波壁については、施設背後に埋戻土が広く分布し、液状化の影響が大きいと考えられるため、グループ分けの項目として施設区分（防波壁とそれ以外）を追加し、4つのグループに分類を見直し。 防波壁（逆T擁壁）については、構造についての設計方針に係る審査との整合を図るため、基礎形式を「杭基礎」から「改良地盤による直接基礎」に見直し。その結果、2号炉原子炉建物、ガスタービン発電機建物、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）を代表施設に選定。 周辺斜面の安定性評価において、耐震重要施設等に影響するおそれのある斜面を抽出し、斜面の種類及び法尻標高で3つのグループに分類した上で、安定性評価への影響要因及び簡便法によるすべり安全率を踏まえ、2号炉南側切取斜面、2号炉南側盛土斜面及びガスタービン発電機建物周辺斜面を評価対象斜面に選定。2号炉西側切取斜面は、敷地造成工事に伴って頂部の切取を行ったことから、対策工の効果を確認するため、評価対象斜面に選定。 防波壁（西端部）周辺斜面は、調査の結果、礫質土・粘性土が確認されたため岩盤まで撤去したことから、対策工の効果を確認するため、評価対象斜面に選定。 基礎地盤の安定性評価では、3次元浸透流解析結果において、地下水位が地表面付近まで上昇するE.L. +8.5～15m盤においては、液状化影響を考慮することと見直し。斜面の安定性評価では、2次元浸透流解析により検討用地下水位を設定し、有効応力解析により液状化の発生の有無を確認し、液状化範囲を設定。すべり安全率算定において、液状化影響を考慮するため、簡便法及び動的解析において、液状化範囲におけるすべり面上のせん断力及びせん断抵抗力は考慮しないよう設定。当該手法について、全応力解析と有効応力解析との比較により妥当であることを確認。 上記選定結果を踏まえ、液状化影響を考慮したすべり安定性評価を実施し、基礎地盤及び周辺斜面のすべり安全率は評価基準値を上回ることを確認。 防波壁（逆T擁壁）について、PS検層等に基づく改良地盤の物性値を用いて動的解析を実施した結果、地震動及び地殻変動による最大傾斜が評価基準値の目安である1/2,000を上回ったことから、基礎底面の傾斜による防波壁（逆T擁壁）の構造成立性を確認した。その結果、基礎底面の傾斜を考慮しても構造成立性は確保される見通しを得たことから、施設の安全機能を損なうおそれがない地盤であると判断。防波壁（逆T擁壁）の基本設計方針としては、PS検層等に基づく改良地盤の物性値（管理目標値）が確保されていることを三軸圧縮試験等の室内試験及び原位置試験で確認するとともに、グラウンドアンカーによる変形抑制効果を踏まえた設計を行い、施設の安全機能に影響を及ぼさないように設計することとする。 防波壁西端部において、開削面露頭の地質観察を実施した結果、礫質土及び粘性土を確認。これらは、簡易貫入試験結果等を踏まえ、D級岩盤相当と評価し、D級岩盤としてモデル化した安定解析の結果、十分な安定性を有していると評価していたが、その後の追加の剥ぎ取り調査、ボーリング調査等の結果、礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のために礫質土及び粘性土を岩盤まで撤去し、安定性評価に反映し、すべり安全率は評価基準値を上回ることを確認。 	資料6-1 資料6-2

津波	<ul style="list-style-type: none"> 日本海東縁部に想定される地震による津波の伝播経路上に位置する大和堆の影響等を詳細に考慮するため、最大計算格子サイズを 3,200m から 800m に細分化。北海道～鳥取県沿岸，隠岐諸島～島根半島の最大格子サイズを細分化するとともに、最小格子サイズ 6.25m の範囲を敷地周辺 1km 程度から 3km 程度の範囲まで拡大。既往津波の再現性指標について北海道から島根県に至る日本海沿岸域の広範囲において満足し、再現性が向上。 日本海東縁部に想定される地震による津波について、地震調査研究推進本部（2003）が示す地震発生領域の連動の可能性は低いと考えるが、2011年東北地方太平洋沖地震では広い領域で地震が連動して発生したことを踏まえ、科学的想像力を発揮し、不確かさとして地震発生領域の連動を考慮した検討を実施。検討に当たっては、津波による敷地への影響が大きい地震発生領域を抽出し、これらの領域の連動を考慮した波源モデルを設定してパラメータスタディを実施し、基準津波を策定。 防波堤は地震による損傷が否定できないことから、防波堤無し条件において防波堤有り条件と同様の手順でパラメータスタディを行い、基準津波を策定。 申請以降の知見を踏まえ、至近の山陰地方における津波堆積物に関する文献調査及び地質調査を実施したうえで、イベント堆積物の層厚及び分布標高に関する考察を実施。1833年山形・庄内沖地震津波による痕跡及び津波堆積物が確認された地点に対して影響の大きい因子を設定した波源モデルによる数値シミュレーションを実施し、痕跡高及び津波堆積物の分布標高との比較等を実施。基準津波が山陰地方における痕跡高・津波堆積物の分布標高から推定される津波高及び浸水域を上回っていると評価。 上記検討を含め、地震による津波の検討、地震以外の要因による津波の検討及び津波起因事象の重畳による津波の検討を実施し、以下のとおり基準津波を策定（1波源→6波源）。 <ul style="list-style-type: none"> 【水位上昇側】 <ul style="list-style-type: none"> 基準津波 1：日本海東縁部（鳥取県モデル；防波堤有り，防波堤無し） 基準津波 5：日本海東縁部（2領域連動モデル；防波堤無し） 【水位下降側】 <ul style="list-style-type: none"> 基準津波 1：日本海東縁部（鳥取県モデル；防波堤有り，防波堤無し） 基準津波 4：海域活断層（F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層；防波堤有り，防波堤無し） 	資料 7-1 資料 7-2
火山	<ul style="list-style-type: none"> 最新の知見を踏まえ都度更新されている地質調査総合センターの Web 版に基づき、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出（16火山→18火山）。 三瓶山及び大山に関する文献調査を実施し、三瓶浮布テフラの降灰分布，大山生竹テフラの噴火規模等に関する最新の知見を踏まえた評価を実施。 敷地周辺の地質調査（火山灰調査）を実施し、敷地周辺において確認された三瓶木次テフラ，三瓶浮布テフラ，三瓶雲南テフラ及び大山松江テフラの分布状況を整理。 噴火履歴による検討結果，地球物理学的調査等より，原子力発電所の運用期間中には，三瓶木次テフラ及び大山倉吉テフラのような広域火山灰を降下させる規模の噴火を起こす可能性は十分小さいと評価。また，三瓶雲南テフラは，その分布範囲及び降灰層厚を踏まえると三瓶浮布テフラの噴出量を上回るものではないと評価。 降下火砕物について，三瓶浮布テフラ，大山松江テフラ，大山生竹テフラ及び鬱陵隠岐テフラを対象に，風向の不確かさとして敷地方向への仮想風等を考慮した火山灰シミュレーションを実施。 敷地は三瓶山の風下側に位置し，風向によっては降灰が想定されること等から，三瓶浮布テフラについては，文献による等層厚線の主軸は三瓶山から敷地の方向とは異なるが，その主軸上の三瓶山から敷地までの距離に相当する地点の降灰層厚を敷地における降灰層厚として考慮。 敷地における降下火砕物の層厚については，2cm（鬱陵隠岐テフラ）と評価していたが，上記検討結果を踏まえ，56cm（三瓶浮布テフラ）に見直し。 	資料 8-1 資料 8-2