

**関西電力株式会社大飯発電所の発電  
用原子炉設置変更許可申請書  
（3号及び4号発電用原  
子炉施設の変更）に関する審査書**  
（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に  
関する法律第43条の3の6第1項第2号（技術  
的能力に係るもの）、第3号及び第4号関連）

平成29年5月24日

原子力規制委員会



## 目次

I	はじめに.....	1
II	発電用原子炉の設置及び運転のための技術的能力.....	4
III	設計基準対象施設.....	10
III-1	地震による損傷の防止（第4条関係）.....	10
III-1.1	基準地震動.....	10
III-1.2	周辺斜面の安定性.....	21
III-1.3	耐震設計方針.....	22
III-2	設計基準対象施設の地盤（第3条関係）.....	31
III-3	津波による損傷の防止（第5条関係）.....	34
III-3.1	基準津波.....	35
III-3.2	耐津波設計方針.....	40
III-4	外部からの衝撃による損傷の防止（第6条関係）.....	58
III-4.1	外部事象の抽出.....	59
III-4.2	外部事象に対する設計方針.....	60
III-4.2.1	竜巻に対する設計方針.....	60
III-4.2.2	火山の影響に対する設計方針.....	66
III-4.2.3	外部火災に対する設計方針.....	74
III-4.2.4	その他自然現象に対する設計方針.....	81
III-4.2.5	その他人為事象に対する設計方針.....	83
III-4.3	自然現象の組合せ.....	84
III-4.4	大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象 に対する重要安全施設への考慮.....	85
III-5	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止（第7条関係）... ..	86
III-6	火災による損傷の防止（第8条関係）.....	86
III-7	溢水による損傷の防止等（第9条関係）.....	99
III-8	誤操作の防止（第10条関係）.....	108
III-9	安全避難通路等（第11条関係）.....	109
III-10	安全施設（第12条関係）.....	109
III-11	全交流動力電源喪失対策設備（第14条関係）.....	113
III-12	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（第16条関係）.....	114
III-13	原子炉冷却材圧力バウンダリ（第17条関係）.....	116
III-14	安全保護回路（第24条関係）.....	116
III-15	保安電源設備（第33条関係）.....	117
IV	重大事故等対処施設及び重大事故等対処に係る技術的能力.....	122

IV-1	重大事故等の拡大の防止等（第37条関係）	124
IV-1.1	事故の想定	125
IV-1.2	有効性評価の結果	136
IV-1.2.1	炉心損傷防止対策	136
IV-1.2.1.1	2次冷却系からの除熱機能喪失	136
IV-1.2.1.2	全交流動力電源喪失	140
IV-1.2.1.3	原子炉補機冷却機能喪失	147
IV-1.2.1.4	原子炉格納容器の除熱機能喪失	150
IV-1.2.1.5	原子炉停止機能喪失	154
IV-1.2.1.6	ECCS注水機能喪失	160
IV-1.2.1.7	ECCS再循環機能喪失	164
IV-1.2.1.8	格納容器バイパス（インターフェイスシステム LOCA、蒸気発生器伝熱管破損）	169
IV-1.2.2	格納容器破損防止対策	175
IV-1.2.2.1	雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧）	176
IV-1.2.2.2	雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過温）	183
IV-1.2.2.3	高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	189
IV-1.2.2.4	原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	193
IV-1.2.2.5	水素燃焼	197
IV-1.2.2.6	溶融炉心・コンクリート相互作用	203
IV-1.2.3	使用済燃料貯蔵槽における燃料損傷防止対策	208
IV-1.2.3.1	想定事故1	208
IV-1.2.3.2	想定事故2	212
IV-1.2.4	運転停止中の原子炉の燃料損傷防止対策	215
IV-1.2.4.1	崩壊熱除去機能喪失	216
IV-1.2.4.2	全交流動力電源喪失	221
IV-1.2.4.3	原子炉冷却材の流出	226
IV-1.2.4.4	反応度の誤投入	232
IV-1.2.5	有効性評価に用いた解析コード	236
IV-2	重大事故等に対処するための手順等に対する共通の要求事項 （重大事故等防止技術的能力基準1.0項関係）	245
IV-3	重大事故等対処施設に対する共通の要求事項（第38条～第41条 及び第43条関係）	252

IV-3.1	重大事故等対処施設の地盤（第38条関係）	252
IV-3.2	地震による損傷の防止（第39条関係）	253
IV-3.3	津波による損傷の防止（第40条関係）	256
IV-3.4	火災による損傷の防止（第41条関係）	256
IV-3.5	重大事故等対処設備（第43条関係）	256
IV-4	重大事故等対処設備及び手順等	261
IV-4.1	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備及び手順等（第44条及び重大事故等防止技術的能力基準1.1項関係）	261
IV-4.2	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備及び手順等（第45条及び重大事故等防止技術的能力基準1.2項関係）	267
IV-4.3	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備及び手順等（第46条及び重大事故等防止技術的能力基準1.3項関係）	275
IV-4.4	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備及び手順等（第47条及び重大事故等防止技術的能力基準1.4項関係）	284
IV-4.5	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備及び手順等（第48条及び重大事故等防止技術的能力基準1.5項関係）	296
IV-4.6	原子炉格納容器内の冷却等のための設備及び手順等（第49条及び重大事故等防止技術的能力基準1.6項関係）	303
IV-4.7	原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備及び手順等（第50条及び重大事故等防止技術的能力基準1.7項関係）	311
IV-4.8	原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備及び手順等（第51条及び重大事故等防止技術的能力基準1.8項関係）	319
IV-4.9	水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備及び手順等（第52条及び重大事故等防止技術的能力基準1.9項関係）	328
IV-4.10	水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備及び手順等（第53条及び重大事故等防止技術的能力基準1.10項関係）	334

IV-4. 1.1	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備及び手順等 (第54条及び重大事故等防止技術的能力基準1.11項関係)	338
IV-4. 1.2	発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備及び 手順等(第55条及び重大事故等防止技術的能力基準1.12 項関係)	347
IV-4. 1.3	重大事故等の収束に必要となる水の供給設備及び手順等 (第56条及び重大事故等防止技術的能力基準1.13項関係)	353
IV-4. 1.4	電源設備及び電源の確保に関する手順等(第57条及び 重大事故等防止技術的能力基準1.14項関係)	361
IV-4. 1.5	計装設備及びその手順等(第58条及び重大事故等防止 技術的能力基準1.15項関係)	369
IV-4. 1.6	原子炉制御室及びその居住性等に関する手順等(第26条、 第59条及び重大事故等防止技術的能力基準1.16項関係)	378
IV-4. 1.7	監視測定設備及び監視測定等に関する手順等(第31条、 第60条及び重大事故等防止技術的能力基準1.17項関係)	384
IV-4. 1.8	緊急時対策所及びその居住性等に関する手順等(第34条、 第61条及び重大事故等防止技術的能力基準1.18項関係)	393
IV-4. 1.9	通信連絡を行うために必要な設備及び通信連絡に関する手順 等(第35条、第62条及び重大事故等防止技術的能力基準 1.19項関係)	401
IV-5	大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他の テロリズムへの対応(重大事故等防止技術的能力基準2.1項関係)	407
V	審査結果	411
	略語等	412

### **Ⅲ 設計基準対象施設**

本章においては、設計基準対象施設を含む発電用原子炉施設に関して変更申請がなされた内容について審査した結果を、設置許可基準規則の条項ごとに示した。

#### **Ⅲ－１ 地震による損傷の防止（第４条関係）**

第４条は、設計基準対象施設について、耐震重要度に応じて算定した地震力に十分に耐えることができる設計とすることを、また、耐震重要施設については、基準地震動による地震力及び基準地震動によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対してその安全機能が損なわれるおそれがない設計とすることを要求している。

このため、規制委員会は、以下の項目について審査を行った。

##### **Ⅲ－１．１ 基準地震動**

- １． 地下構造モデル
- ２． 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
- ３． 震源を特定せず策定する地震動
- ４． 基準地震動の策定

##### **Ⅲ－１．２ 周辺斜面の安定性**

##### **Ⅲ－１．３ 耐震設計方針**

- １． 耐震重要度分類の方針
- ２． 弾性設計用地震動の設定方針
- ３． 地震応答解析による地震力及び静的地震力の算定方針
- ４． 荷重の組合せと許容限界の設定方針
- ５． 波及的影響に係る設計方針

規制委員会は、これらの項目について、以下のとおり本申請の内容を確認した結果、設置許可基準規則に適合するものと判断した。

各項目についての審査内容は以下のとおり。

##### **Ⅲ－１．１ 基準地震動**

設置許可基準規則解釈別記２（以下「解釈別記２」という。）は、基準地震動について、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものを策定することを要求している。また、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地の解放基盤表

面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することを要求している。

規制委員会は、申請者が行った地震動評価の内容について審査した結果、本申請における基準地震動は、各種の不確かさを考慮して、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から適切に策定されていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

## 1. 地下構造モデル

### (1) 解放基盤表面の設定

解釈別記2は、解放基盤表面について、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度（以下「S波速度」という。）がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないことを要求している。

申請者は、解放基盤表面の設定に関する評価について、以下のとおりとしている。

- ① 本発電所敷地内で実施したP S 検層結果及び試掘坑内弾性波試験結果より、敷地地盤のS波速度は約2.2km/sである。また、敷地内で実施した単点微動観測結果によりS波速度2.2km/s層の上面深度は敷地全体にわたって著しい高低差がないことを確認した。以上のことから、原子炉建屋設置位置付近の標高（以下「E.L.」という。）0mの位置に解放基盤表面を設定した。

規制委員会は、申請者が設定している解放基盤表面は、必要な特性を有し、要求されるS波速度を持つ硬質地盤の表面に設定されていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

### (2) 敷地地盤の地下構造の評価

解釈別記2は、敷地及び敷地周辺の地下構造（深部・浅部地盤構造）が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を評価するとともに、地震基盤の位置及び形状、岩相・岩質の不均一性並びに地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価することを要求している。

申請者は、敷地地盤の地下構造の評価について、敷地及び敷地周辺における地質調査等に基づき以下のとおりとしている。



- ① 地質調査の結果、敷地及び敷地近傍は中・古生代の舞鶴帯、超丹波帯、丹波帯に区分される。地盤は舞鶴帯の夜久野オフィオライトを基盤岩とし、第四紀の堆積物が覆う。
- ② 本発電所敷地内で実施した反射法地震探査の結果から、深さ 500m 程度までの地下構造に特異な構造が見られないことから、水平成層構造として一次元の速度構造をモデル化した。
- ③ 一次元の速度構造は、本発電所敷地内での微動アレイ観測により得られる短周期側の位相速度と、敷地周辺での観測記録をもとにした地震波干渉法により得られる長周期側の位相速度を目的関数として、ジョイントインバージョン解析により推定した。
- ④ 本発電所敷地内で実施した P S 検層のデータを用いて不均質性の評価を行い、佐藤・山中 (2010) による地盤の不均質性と減衰定数の関係を基に、減衰定数を設定した。
- ⑤ 本発電所の敷地においては、1995 年兵庫県南部地震や 2000 年鳥取県西部地震等、遠方で発生した地震の建屋基礎位置での観測記録はあるものの、地震動評価に有効となる敷地近傍でマグニチュード 5 程度以上の地震の強震データは得られていない。

規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、周辺地域で実施した屈折法探査や国立研究開発法人日本原子力研究開発機構高速増殖原型炉もんじゅにおいて実施されたサイト増幅特性の評価を基に地下構造モデルを設定していたため、本発電所敷地の地下構造を把握するための調査を実施し、その評価を地下構造モデルへ反映させるよう求めた。

これに対して、申請者は、敷地内で実施した微動アレイ観測による位相速度と敷地周辺で実施した地表面地震観測の連続データを基に地震波干渉法を用いて評価した位相速度を目的関数として、ジョイントインバージョン解析により一次元の速度構造を推定し地下構造モデルを設定した。

規制委員会は、本発電所敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して、申請者が行った調査の手法は、地質ガイドを踏まえているとともに、調査結果に基づき地下構造を水平成層かつ均質と評価し、一次元地下構造モデルを設定しており、当該地下構造モデルは地震波の伝播特性に与える影響を評価するに当たって適切なものであることから、解釈別記 2 の規定に適合していることを確認した。

## 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

解釈別記2は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、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について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定することを要求している。

規制委員会は、申請者が実施した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価については、複数選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を適切な手法で行っていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

#### (1) 震源として考慮する活断層

解釈別記2は、内陸地殻内地震に関し、震源として考慮する活断層の評価に当たっては、調査地域の地形及び地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し活断層の位置、形状、活動性等を明らかにすることを要求している。

申請者は、調査内容、調査結果及びその評価について、以下のとおりとしている。

- ① 敷地周辺の地質及び地質構造を把握するため、陸域については、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査等を実施した。海域については、文献調査のほか、海上音波探査及び他機関によって実施された海上音波探査記録の再解析並びに海上ボーリング調査を行い、地質・地質構造の検討を実施した。
- ② 敷地周辺では、調査結果に基づき、安島岬沖～和布一干飯崎沖～甲楽城断層、柳ヶ瀬断層、ウツロギ峠北方～池河内断層、C断層、敦賀断層、大陸棚外縁～B～野坂断層、三方断層、花折断層、琵琶湖西岸断層系、濃尾地震断層系、上林川断層、有馬～高槻構造線、山田断層、郷村断層、F<sub>G</sub>A3東部断層、FO-A～FO-B断層、熊川断層、FO-C断層、甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層等を震源として考慮する活断層として抽出し、活断層の位置、形状等を評価した。
- ③ 敷地近傍においては、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査等の結果、O1、O2、O3及びO3（北）の4条のリニアメントを抽出した。これらのリニアメントについて調査を実施した結果、震源として考慮する

活断層は認められないと評価した。

- ④ 敷地においては、ボーリング調査、試掘坑調査、トレンチ調査、ピット調査、磁気探査、変動地形学的調査等を実施した結果、台場浜<sup>だいばはま</sup>トレンチ調査により認められた破砕部、<sup>のこぎりざき</sup>鋸崎の海食洞上部の輝緑岩中の破砕帯、放水口西側の細粒石英閃緑岩と輝緑岩との境界の破砕帯及び台場浜岩礁付近の破砕帯があり、これらについて、分布が局所的であること、変動地形は認められないこと等から、震源として考慮する活断層は認められないと評価した。

規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、台場浜トレンチ調査により認められた破砕部について、斑れい岩中にクサビ状に挟まった超苦鉄質岩中で地すべりにより生じたすべり面と評価していたことから、すべり面のセンスを踏まえた台場浜地すべりの運動像、超苦鉄質岩を挟んだ斑れい岩の性状、超苦鉄質岩の分布範囲等に関する調査データを拡充し、改めて評価結果を示すよう求めた。

これに対して、申請者は、追加でボーリング調査及び磁気探査を実施してデータの拡充を図り、超苦鉄質岩の上位と下位の斑れい岩を区別して、その間に板状の超苦鉄質岩が挟まれる地質構造に見直した。また、台場浜トレンチ調査により認められた破砕部は、超苦鉄質岩と輝緑岩の境界付近の超苦鉄質岩中に認められ、平面分布範囲も限定的であること、延長部付近の海底地形にも変動地形は認められないこと等から、震源として考慮する活断層ではないとの評価結果を示した。

規制委員会は、申請者が実施した震源として考慮する活断層の評価は、調査地域の地形・地質条件に応じて適切な手法、範囲及び密度で調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し、活断層の位置、形状、活動性等を明らかにしていることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

## (2) 検討用地震の選定

解釈別記2は、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について、活断層の性質や地震発生状況を精査し、中・小・微小地震の分布、応力場及び地震発生様式（プレートの形状・運動・相互作用を含む。）に関する既往の研究成果等を総合的に検討し、検討用地震を複数選定することを要求している。また、震源モデルの形状及び震源特性パラメータ等の評価に当たっては、孤立した短い活断層の扱いに留意するとともに、複数の活断層の連動を考慮することを要求している。

申請者は、検討用地震の選定について、以下のとおりとしている。

### ① 内陸地殻内地震

内陸地殻内地震については、気象庁震度階級関連解説表の記載によると、地震によって建物等に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は震度 V）程度以上であると考えられることから、過去の地震及び活断層による地震から、敷地に影響を及ぼすものを抽出した。そのうち敷地で想定される震度が最も大きい F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震を検討用地震として選定した。F O - A ~ F O - B 断層と熊川断層については、約 15km の離隔を有し、両断層間が連続するような地質構造等は認められないが、連動を考慮して地震動評価を行うこととした。

また、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層以外の敷地に影響を及ぼす地震について、Noda et al. (2002) の方法により求めた応答スペクトルの比較を行った結果、長周期側の地震動レベルが大きい上林川断層による地震を検討用地震として選定した。

### ② プレート間地震

プレート間地震については、南海トラフに沿って繰返し発生している地震は敷地から約 200km 以遠に位置し、敷地への影響は大きくないことから、検討用地震を選定しない。

### ③ 海洋プレート内地震

沈み込んだフィリピン海プレート内で発生した陸域のやや深い地震や海溝軸付近で発生した地震は、敷地への影響は大きくないことから、検討用地震を選定しない。

規制委員会は、審査の過程において、申請者が当初、F O - A ~ F O - B 断層と熊川断層の同時活動を考慮する必要はないと評価していたため、敷地の前面に存在する F O - A ~ F O - B 断層と熊川断層との間に断層の有無が不明瞭な区間が相当あり、連動破壊を否定することは難しいことから、検討用地震の選定に際しては、敷地に与える影響が大きくなるよう、F O - A ~ F O - B 断層と熊川断層が連動する場合を考慮することを求めた。

これに対して、申請者は、これらを反映して検討用地震の選定に係る評価を示した。

規制委員会は、申請者が実施した検討用地震の選定に係る評価は、活断層の

性質や地震発生状況を精査し、既往の研究成果等を総合的に検討することにより検討用地震を複数選定するとともに、評価に当たっては複数の活断層の連動も考慮していることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認した。

### (3) 地震動評価

解釈別記2は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」について、検討用地震ごとに、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式及び地震波の伝播経路等に応じた諸特性を十分に考慮して、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施して策定することを要求している。また、基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさについては、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなど適切な手法を用いて考慮することを要求している。さらに、内陸地殻内地震について選定した検討用地震のうち、震源が敷地に極めて近い場合は、各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、十分な余裕を考慮して基準地震動を策定することを要求している。また、地震ガイドは、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が重視されている必要があることを示している。

申請者は、検討用地震として選定したF0-A～F0-B～熊川断層による地震及び上林川断層による地震について、震源モデル及び震源特性パラメータの設定並びに地震動評価の内容を以下のとおりとしている。

#### ① F0-A～F0-B～熊川断層による地震

- a. 基本ケースは、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(2016) (「レシピ」)」(以下「レシピ」という。)や入倉・三宅(2001)等に基づき、震源モデル及び震源特性パラメータを設定した。
- b. 基本ケースにおける主なパラメータとして、本発電所敷地の速度構造や微小地震の発生状況から、断層上端深さを3km、断層下端深さを18kmと設定した。また、調査結果に基づき、断層長さを63.4km、傾斜角を90°、すべり角を0°とした。アスペリティは敷地での地震動が保守的になるよう断層面の最も浅い位置に配置し、破壊開始点は断層面下端及びアスペリティ下端に複数設定した。
- c. 基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、短周期の地震動レベルを基本ケースの1.5倍としたケース、傾斜角を75°としたケース、すべ

り角を  $30^\circ$  としたケース、破壊伝播速度を引き上げたケース、アスペリティを一塊に配置したケース及びアスペリティを横長の一塊に配置したケースについても設定した。本断層は敷地の極近傍に位置することから、不確かさを重畳させたケースとして、短周期側の地震動への影響が大きい短周期の地震動レベルを横ずれ断層と逆断層の違いを踏まえて基本ケースの 1.25 倍とし、かつ、長周期側の地震動への影響が大きい破壊伝播速度を引き上げたケースについても設定した。

- d. 応答スペクトルに基づく地震動評価においては、本断層が敷地に近いため、破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えられことから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を重視することとした。また、Noda et al. (2002) の手法における等価震源距離と極近距離との乖離が大きいこと等から、Noda et al. (2002) の適用範囲外と判断し、Noda et al. (2002) の方法以外の距離減衰式により断層モデルを用いた手法の妥当性を検証した。
- e. 断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地における適切な地震観測記録がないため、短周期領域は統計的グリーン関数法を、長周期領域は離散化波数法を用いて評価し、それらを組み合わせることにより評価するハイブリッド合成法により評価した。震源特性パラメータのうち、地震モーメントは入倉・三宅 (2001) により断層面積から設定し、平均応力降下量は Fujii and Matsu'ura (2000) により 3.1MPa とし、アスペリティの面積は Somerville et al. (1999) の知見を参考に断層面積の 22% とし、アスペリティの応力降下量は、平均応力降下量及びアスペリティ面積比から設定した。

## ② 上林川断層による地震

- a. 基本ケースは、レシピや入倉・三宅 (2001) 等に基づき、震源モデル及び震源特性パラメータを設定した。
- b. 基本ケースにおける主なパラメータとして、本発電所敷地の速度構造や微小地震の発生状況から、断層上端深さを 3km、断層下端深さを 18km と設定した。また、調査結果に基づき、断層長さを 39.5km、傾斜角を  $90^\circ$ 、すべり角を  $180^\circ$  とした。アスペリティは敷地での地震動が保守的になるよう断層面の最も浅い位置に配置し、破壊開始点は断層面下端及びアスペリティ下端に複数設定した。
- c. 基本ケースに対して、地震動評価に影響が大きいと考えられるパラメータの不確かさを考慮したケースとして、短周期の地震動レベルを基本ケースの 1.5 倍としたケース及び破壊伝播速度を引き上げたケー

スについても設定した。

- d. 応答スペクトルに基づく地震動評価は、岩盤における観測記録に基づいて提案された距離減衰式で、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを評価することができる Noda et al. (2002) の方法を用いた。地震動評価に当たって使用するマグニチュードは、断層長さから松田 (1975) により求めた。地震動評価上は、内陸地殻内地震の補正係数は適用せず、また、震源近傍における破壊伝播効果を考慮した評価を行った。
- e. 断層モデルを用いた手法による地震動評価では、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震と同様のハイブリッド合成法により評価した。震源特性パラメータのうち、地震モーメントは入倉・三宅 (2001) により断層面積から、平均応力降下量は円形クラックの式により、アスペリティの面積は短周期レベルを介し、アスペリティの応力降下量は、平均応力降下量及びアスペリティ面積比から設定した。

規制委員会は、審査の過程において、震源特性パラメータのうち断層上端深さについては、申請者が当初、4km に設定していたため、速度構造や微小地震の発生状況を考慮して検討するよう求めた。また、破壊伝播速度については、申請者が当初、レシピに示されている Geller (1976) による経験式だけを用いていたため、横ずれ断層であることを考慮し、最新の知見を考慮して検討するよう求めた。さらに、震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価手法における不確かさを考慮するため、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震動評価において、さらなる検討を求めた。

これに対して、申請者は、本発電所敷地内における微動アレイ観測及び敷地周辺で実施した地表面地震観測で得られた微動データより位相速度を求め、地盤の速度構造を推定し、断層上端深さを 3km に設定した。また、破壊伝播速度については、宮腰ほか (2003) の知見を踏まえて、標準偏差  $1\sigma$  を考慮したものを不確かさケースとして地震動評価を行った。さらに、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震動評価においては、短周期の地震動レベルの不確かさと破壊伝播速度の不確かさを重畳するケースを設定し、評価を行った。

規制委員会は、申請者が実施した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価に基づき策定していることから、解釈別記 2 の規定に適合していること及び地震ガイドを踏まえていることを確認した。

### 3. 震源を特定せず策定する地震動

解釈別記2は、「震源を特定せず策定する地震動」について、震源と活断層を関連づ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、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定することを要求している。

申請者は、地震ガイドに例示された収集対象となる内陸地殻内地震の評価について、以下のとおりとしている。

- (1) 地震規模がモーメントマグニチュード（以下「Mw」という。）6.5以上の地震については、2008年岩手・宮城内陸地震と2000年鳥取県西部地震を検討対象とした。
- (2) 2008年岩手・宮城内陸地震については、震源域近傍は、新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く堆積し顕著な褶曲・撓曲構造が発達し、また、震源域は火山フロントに位置し火山活動が活発な地域であり、震源断層も含め、脊梁山脈を成長させる逆断層が分布する地域である。一方、本発電所敷地周辺は、主として古生代の夜久野オフィオライト、大飯層等を基盤岩としており、堆積層の厚い地域ではなく、また本発電所周辺は火山フロントから外れた地域に位置し、第四紀の火山活動等は知られておらず、さらに、主に横ずれ断層が分布する地域であることから、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域は、本発電所周辺地域とは地質学的背景が異なるとして、観測記録収集対象外とした。
- (3) 2000年鳥取県西部地震については、震源域近傍と本発電所周辺地域との間に地質学的背景に差はあるものの明瞭には認められないことから、観測記録を収集し、その地震動レベル及び地盤特性を評価し、震源近傍に位置する賀祥ダムの観測記録を、地盤補正を行わずにそのまま「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。
- (4) また、Mw6.5未満の地震については、収集した観測記録を、加藤ほか(2004)の地震動レベルと対比させ、その結果から敷地に及ぼす影響の大きいものとして、5地震（2004年北海道留萌支庁南部地震、2011年和歌山県北部地震、2011年茨城県北部地震、2011年長野県北部地震、2013年栃木県北部地震）を抽出した。このうち、2004年北海道留萌支庁南部地震については、佐藤ほか(2013)でボーリング調査等による精度の高い地盤情報を基に基盤地震動が推定されており、これに不確かさを考慮した地震動を、「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。

規制委員会は、審査の過程において、「震源を特定せず策定する地震動」の評価



で収集対象となる内陸地殻内の地震の例として地震ガイドに示しているすべての地震について観測記録等を収集し、検討することを求めた。このうち 2000 年鳥取県西部地震については、鳥取県西部地震震源域と本発電所周辺地域との間に地質学的背景に大きな地域差が認められないと指摘した。また、2004 年北海道留萌支庁南部地震については、その地震観測記録について、既往の知見である微動探査等に基づく地盤モデルによるはざとり解析のみならず、適切な地質調査データに基づく地盤モデルによるはざとり解析等を求めた。

これに対して、申請者は、2000 年鳥取県西部地震の観測記録を収集し、その地震動レベル及び地盤特性を評価した。また、2004 年北海道留萌支庁南部地震については、佐藤ほか（2013）で推定された基盤地震動に不確かさを考慮した地震動を、「震源を特定せず策定する地震動」として採用した。

規制委員会は、申請者が実施した「震源を特定せず策定する地震動」の評価については、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精査し、各種の不確かさ及び敷地の地盤物性を考慮して策定していることから、解釈別記 2 の規定に適合していることを確認した。

#### 4. 基準地震動の策定

解釈別記 2 は、基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することを要求している。

申請者は、施設の耐震設計に用いる基準地震動について、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として基準地震動 Ss-1 から Ss-19 を以下のとおり策定している。

##### (1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

- ① 基準地震動 Ss-1（最大加速度：水平方向  $700\text{cm/s}^2$ 、鉛直方向  $468\text{cm/s}^2$ ）  
応答スペクトルに基づく地震動評価結果を踏まえて、Noda et al. (2002) により評価した応答スペクトルを上回るように設定した地震動
- ② 基準地震動 Ss-2 から Ss-17（最大加速度：水平方向  $856\text{cm/s}^2$ 、鉛直方向  $613\text{cm/s}^2$ ）  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうち一部の周期帯で基準地震動 Ss-1 の応答スペクトルを上回る 16 ケースの地震動

##### (2) 震源を特定せず策定する地震動

- ① 基準地震動 Ss-18 及び Ss-19（最大加速度：水平方向  $620\text{cm/s}^2$ 、鉛直方向  $485\text{cm/s}^2$ ）

一部の周期帯で基準地震動  $S_s-1$  の応答スペクトルを上回る 2000 年鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録による地震動及び 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

規制委員会は、申請者が、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」に関し、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として基準地震動を策定していることから、解釈別記 2 の規定に適合していることを確認した。

なお、申請者は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の年超過確率は  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度、「震源を特定せず策定する地震動」の年超過確率は  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  程度としている。

### Ⅲ-1. 2 周辺斜面の安定性

解釈別記 2 は、耐震重要施設の周辺斜面について、基準地震動による地震力を作用させた安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認するとともに、崩壊のおそれがある場合には、崩壊によって耐震重要施設に影響を及ぼすことがないようにすることを要求している。

申請者は、耐震重要施設の周辺斜面の評価について、以下のとおりとしている。

1. 安定性評価の対象となる斜面は、耐震重要施設と周辺斜面との離隔距離を考慮して、3 号炉及び 4 号炉原子炉格納施設等の 2 つの周辺斜面、3 号及び 4 号炉海水ポンプ室の 1 つの周辺斜面並びに 1 号及び 2 号炉原子炉補助建屋の 2 つの周辺斜面を選定した。
2. すべり安全率の評価は、これらの斜面の高さ、勾配、風化岩層の厚さ及びすべりの方向を考慮して解析対象断面を選定し、基準地震動による地震力を作用させた二次元有限要素法を用いた動的解析により行った。
3. 動的解析に用いる地盤パラメータについては、各種の調査結果を基に設定した。解析に当たっては、せん断強度のばらつき、地下水位観測結果、入力地震動の位相の反転についても考慮した。
4. 動的解析の結果から得られた最小すべり安全率は、1.2 を上回る。

規制委員会は、耐震重要施設の周辺斜面について、申請者が基準地震動による地震力を作用させた適切な動的解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認していることから、解釈別記 2 の規定に適合していること及び地盤ガイドを踏まえていることを確認した。