

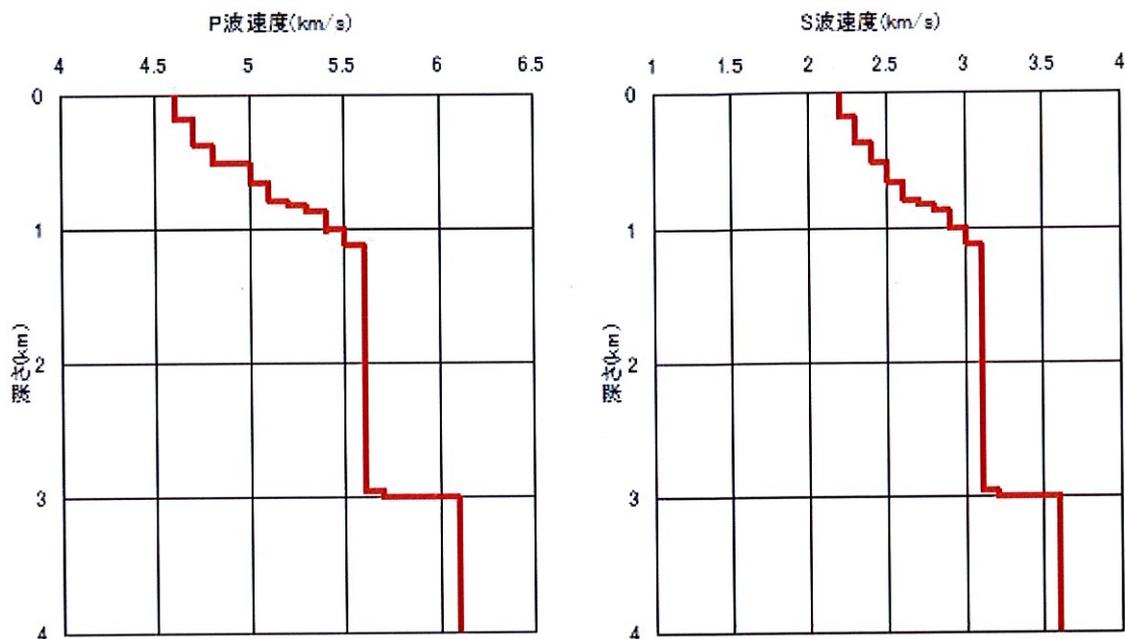
(ウ) 小括

上記のように、1 審被告は、各種の詳細な調査を行うことにより、本件発電所敷地及び敷地周辺の地盤の速度構造を精度良く把握し、また、局所的に地震波の集中をもたらすような特異な速度構造がないことを確認した。

その上で、原子力規制委員会での議論を踏まえて地震発生層の上端深さを3kmとしたこと（上記イ（ウ））を受けて、本件発電所敷地の地盤の速度構造モデルを図表49（1 審被告準備書面（33）40頁の図表23、同（18）56頁の図表20。乙182の1、添付書類六、6-5-69頁の第5.4.10図）のとおり設定した⁶²。

この速度構造モデルにより、本件発電所の地震動評価において考慮すべき地盤の増幅特性（サイト特性）を評価することができる。

⁶² 例えば、P波速度について説明すると、図表47の左のグラフにおいて、P波速度（横軸）が6.1km/sとなるのは深さ（縦軸）約4km以深であり、深さ3kmにおけるP波速度は5.7km/sであるとしていたところ、図表49の左のグラフにおいては、「深さ」3kmの所で赤い線が右に曲がって6.1km/sとなり、それ以深も同じ速度であるとした。S波速度（図表47及び図表49のそれぞれ右のグラフ）も同様である。



【図表 4.9 本件発電所の地盤の速度構造モデル

(左：P波速度，右：S波速度)】

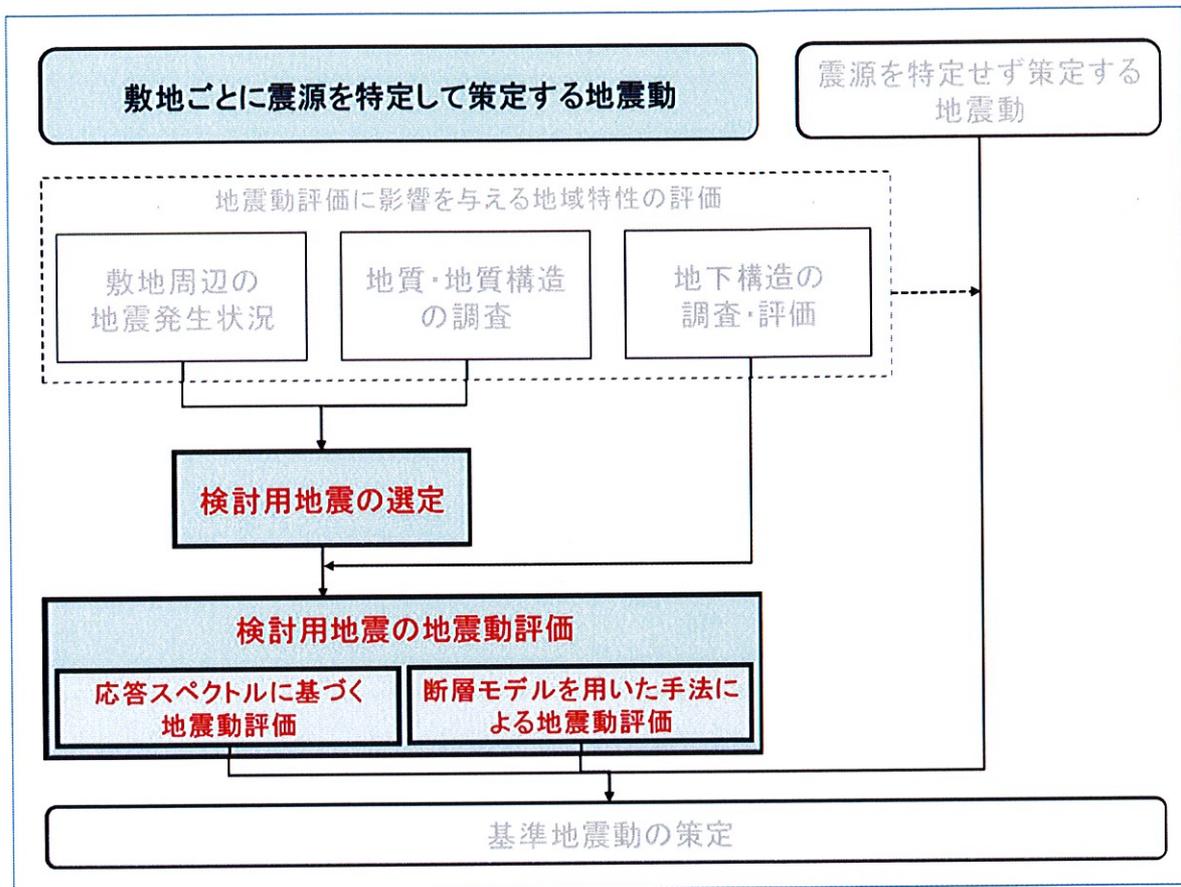
オ まとめ

以上のように，1 審被告は，本件発電所敷地及び敷地周辺における震源特性，伝播特性，地盤の増幅特性（サイト特性）に係る地域性を精度良く把握し，地震動評価に反映している。

(3) 原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会は，1 審被告が行った震源として考慮する活断層の評価や，本件発電所敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して，設置許可基準規則解釈別記2に適合していることを確認したとしている（乙235，11～16頁）。

第2 「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



1 審被告は、上記第1で述べた本件発電所周辺の地域特性を踏まえ、検討用地震（FO-A～FO-B～熊川断層による地震、及び上林川断層による地震）を選定し、各検討用地震が発生した場合に本件発電所敷地で想定される地震動を評価するため、「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」を行った。

「応答スペクトルに基づく地震動評価」は、実際には広がりをもった震源断層面から放出される地震波を、ある1点の震源から放出されるものと仮定し（点震源）、距離減衰式を用いて、地震の規模、評価地点までの距離等の諸元から地震動の応答スペクトル⁶³を求めて、地震動を評価するものである。

一方、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、震源となる断層

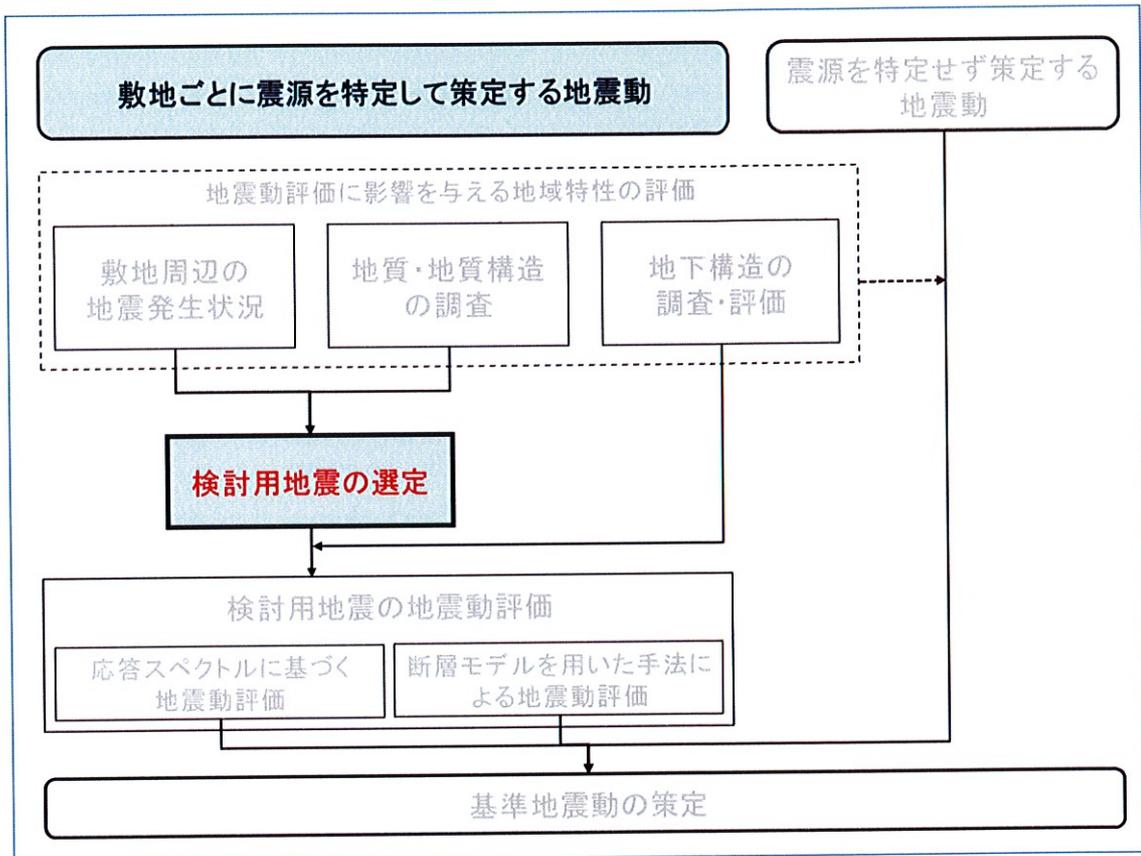
⁶³ 応答スペクトルの基本的事項については、本書面末尾の別紙1の5を参照。

(震源断層)をモデル化し、震源から本件発電所敷地までの地震波の伝播特性、本件発電所敷地の地盤における地震波の増幅特性(サイト特性)を考慮して行う地震動評価である。

「応答スペクトルに基づく地震動評価」と「断層モデルを用いた手法による地震動評価」とを組み合わせることで、それぞれの手法の特徴を活かした地震動評価を行うことができる。

以下では、検討用地震の選定(下記1)並びに各検討用地震に係る「応答スペクトルに基づく地震動評価」(下記2)及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」(下記3)についてそれぞれ説明した上で、両評価においては十分に不確かさを考慮して保守的に評価を行っていることを述べる(下記4)。

1 検討用地震の選定



(1) 設置許可基準規則等

設置許可基準規則解釈は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価（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）にあたって、「内陸地殻内地震・・・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」することを求めている（同規則解釈別記2第4条5項2号，乙65，126頁）。

(2) 本件発電所における検討用地震の選定

1 審被告は，上記第1の1（敷地周辺の地震発生状況の調査・評価）及び2（活断層の分布状況の調査・評価）において検討用地震の候補として抽出された27個の地震を対象に，地震の規模及び敷地までの距離に基づいて敷地に与える影響を詳細に検討した。

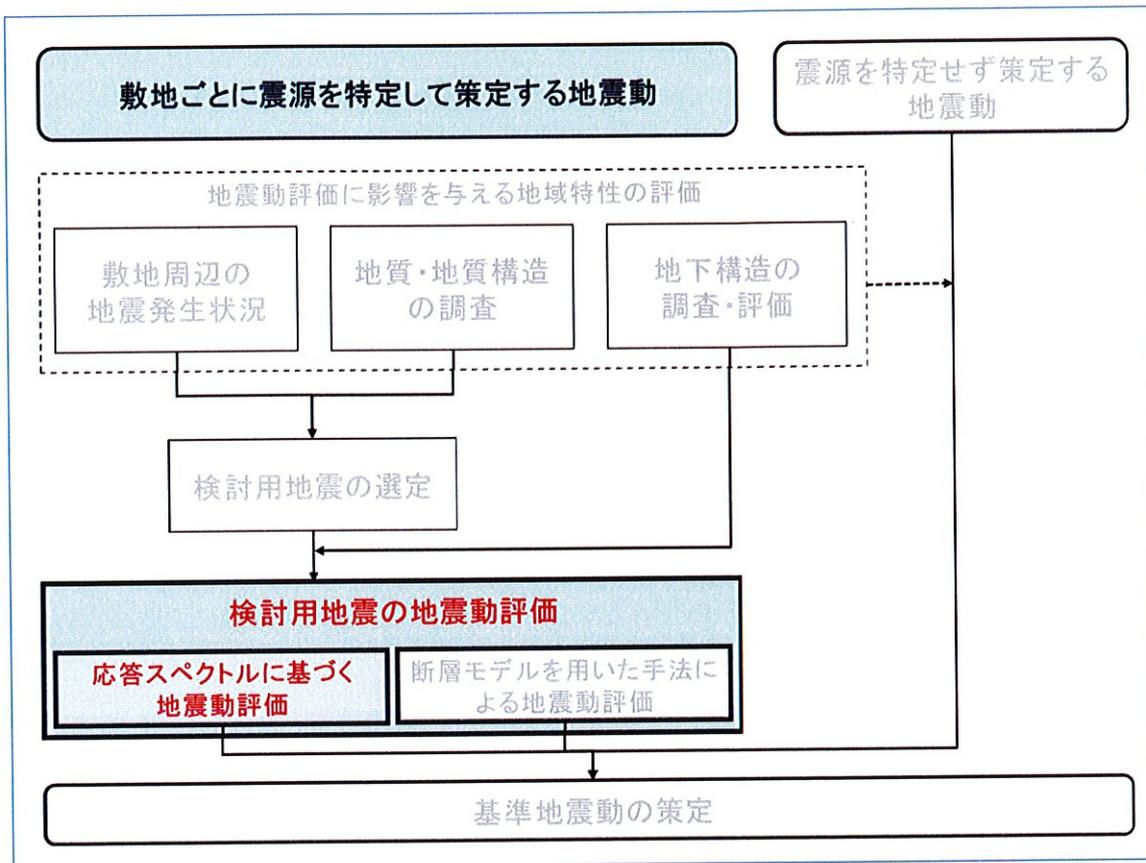
その結果、本件発電所敷地への影響が大きいと考えられる地震として、断層が本件発電所敷地近傍に存在する「F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震」（上記図表 2 9 の16番）、及び断層の走向（上記図表 2 8 を参照）が本件発電所敷地に向いている「上林川断層による地震」（上記図表 2 9 の11番）の2つを、検討用地震として選定した。

（以上について、1 審被告準備書面（3 3）41~42頁，同（1 8）50頁，乙88，スライド9，乙182の1，添付書類六，6-5-8頁）

（3）原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会は、1 審被告が行った本件発電所の検討用地震の選定に係る評価について、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、評価にあたっては複数の活断層の連動も考慮していることから、設置許可基準規則解釈別記2に適合していることを確認したとしている（乙235，14~16頁）。

2 応答スペクトルに基づく地震動評価について



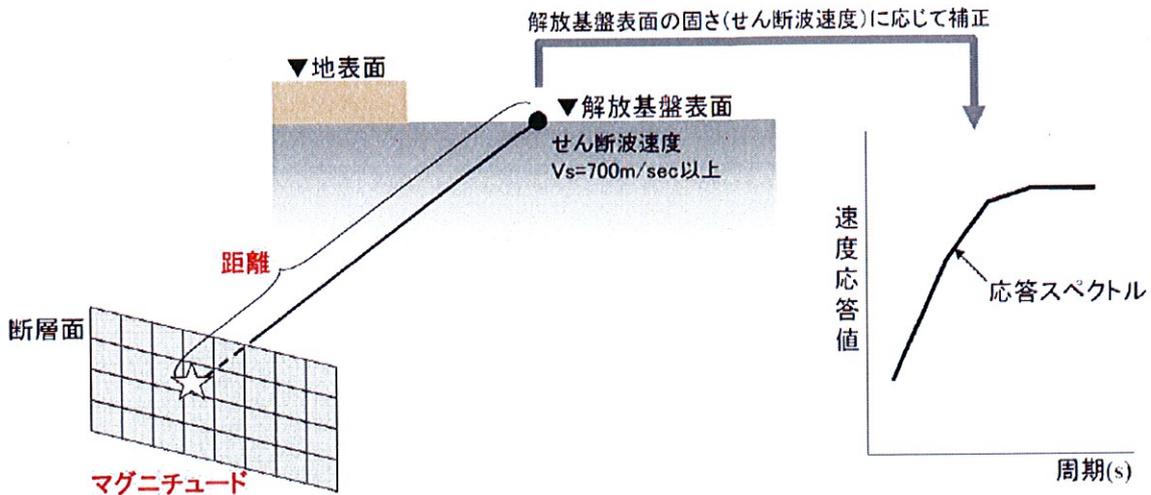
「応答スペクトルに基づく地震動評価」は、距離減衰式に代表される、地震のマグニチュードと震源（又は震源断層）からの距離の関係で地震動特性を評価する手法である。ここで、「距離減衰」とは、地震の揺れ（震度の大きさ）と震源からの距離との関係を示したもので、地震が発生した場所から遠くなればなるほど、地震の揺れが弱くなることをいう。

「距離減衰式」とは、地震の規模及び震源からの距離と、地震動の大きさとの関係を式に表したもので、過去の多くの地震データの統計的処理によって経験的に得られるものである。地震の規模（マグニチュード）や、震源距離等を距離減衰式に入力すると、これらの入力に対応する地震動を計算することができる。

「応答スペクトルに基づく地震動評価」においては、地震の規模を表すマグニチュード、震源距離を用いて応答スペクトルを求め、地域性を考慮した補正

をすることで、応答スペクトルが求められる（図表50）。

（乙50，43頁，乙54，9頁，乙113，215～217頁）



※距離減衰式の種類によって、「距離」は、「断層最短距離」、「等価震源距離」などが用いられる。

（乙113，216頁より）

【図表50 応答スペクトルに基づく地震動評価の例】

本項では、各検討用地震に係る「応答スペクトルに基づく地震動評価」について説明する。

（1）設置許可基準規則等

設置許可基準規則解釈は、「検討用地震ごとに、適切な手法を用いて応答スペクトルを評価のうえ、それらを基に設計用応答スペクトルを設定し、これに対して、地震の規模及び震源距離等に基づき地震動の継続時間及び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地震動評価を行うこと」を求めている（同規則解釈別記2第4条5項2号④i，乙65，127～128頁）。

これを受けて、地震ガイドは、①経験式（距離減衰式）の選定について、「用いられている地震記録の地震規模，震源距離等から，適用条件，適用範囲について検討した上で，経験式（距離減衰式）が適切に選定されているこ

と」、及び「参照する距離減衰式に応じて適切なパラメータを設定する必要がある、併せて震源断層の拡がりや不均質性・・・が適切に考慮されていること」を確認するとともに、②伝播特性及び地盤の増幅特性（サイト特性）の評価について、「参照する距離減衰式の特徴を踏まえ、敷地周辺の地下構造に基づく地震波の伝播特性（サイト特性）の影響を考慮して適切に評価されていること」等を確認するとしている（I 3.3.1(1), 甲47, 4頁）。

なお、下記（2）で述べるとおり、1審被告は、応答スペクトルに基づく地震動評価にあたって、活断層長さや地震の規模（マグニチュード、M）との関係を表す経験式（「松田式」）を用いて地震の規模を設定しているところ、この点に関して、地震ガイドは、「震源モデルの長さ又は面積、あるいは1回の活動による変位量と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある」としている（I 3.2.3(2), 甲47, 3頁）。

（2）本件発電所の「応答スペクトルに基づく地震動評価」

ア 距離減衰式の選定

（ア）耐専式の選定

- a 上記の要求事項を踏まえ、1審被告は、応答スペクトルに基づく地震動評価において必要となる距離減衰式について、耐専式（甲118）を用いることとした。
- b 耐専式は、地震の規模（M）、等価震源距離（ X_{eq} ）（後記d）及び評価地点の地盤のP波速度・S波速度から、評価地点の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ものである。すなわち、耐専式では、地震の規模（M）と等価震源距離（ X_{eq} ）が与えられる

と、特定の8つの周期（図表5.1の「 T_A 」から「 T_H 」まで）に対する応答値（コントロールポイント。同表の「A」から「H」まで）が算定される。この8つのコントロールポイントを、横軸に周期をとったグラフ上に書き出し（図表5.2内の「A」から「H」までの8つの点）、それらを線で結ぶことにより、応答スペクトルが求められる（同図）。

そして、この応答スペクトルに、評価地点の地盤のP波速度・S波速度を考慮して地盤増幅率を乗じることで、評価地点の岩盤の固さに応じた応答スペクトルに補正される。つまり、耐専式で地震動を評価する際には、評価地点の地域性を踏まえて地震動評価を行うことが予定されている。

表 1.2.3.2-1 地震基盤における水平地震動のコントロールポイント

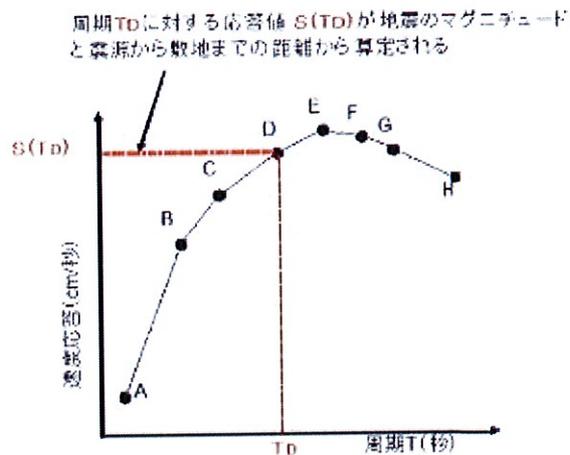
領域	M	X _{cs} (km)	コントロールポイントの座標 μS_V (cm/s)							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			T _A (s)	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)	T _E (s)	T _F (s)	T _G (s)	T _H (s)
			0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
極近距離	8.5	40	1.62	18.44	27.32	47.87	68.05	64.66	53.52	40.06
	8	25	1.69	20.05	28.96	48.22	67.80	65.25	52.51	38.35
	7	12	1.40	17.20	24.84	33.86	43.42	36.42	25.15	17.85
	6	6	1.04	12.82	18.51	21.84	23.17	17.41	9.64	3.88
近距離	8.5	80	0.73	7.36	11.43	22.92	34.79	32.58	27.60	21.96
	8	50	0.67	7.45	11.17	20.05	28.65	27.06	22.70	17.19
	7	20	0.78	9.44	13.64	19.10	24.83	20.69	14.46	10.37
	6	8	0.77	9.45	13.65	16.23	17.18	12.73	7.16	2.89
中距離	8.5	160	0.26	2.22	3.67	9.46	15.17	14.83	13.64	12.26
	8	100	0.32	3.08	4.86	10.27	16.04	14.96	12.73	10.37
	7	50	0.23	2.65	4.01	6.02	7.64	6.68	4.87	3.64
	6	25	0.21	2.49	3.60	4.54	4.84	3.98	2.07	0.86
遠距離	8.5	200	0.18	1.44	2.43	6.87	11.17	11.17	10.67	10.04
	8	200	0.10	0.80	1.35	3.82	6.21	6.21	5.93	5.58
	7	125	0.046	0.43	0.70	1.34	1.81	1.59	1.26	1.05
	6	78	0.041	0.45	0.65	0.95	1.03	0.80	0.49	0.22

μS_V の値は、減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルの絶対値

(乙50, 45頁より。甲118, 33頁も同じ。)

【図表 5 1 耐専式における8つの周期に対する

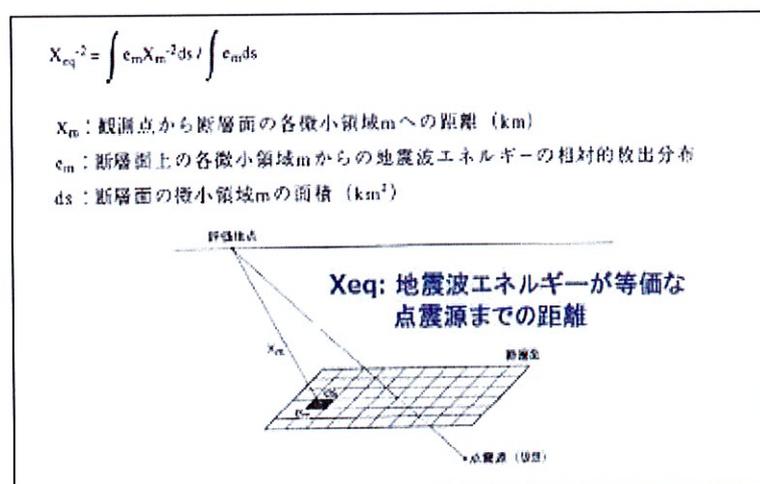
応答値 (コントロールポイント)】



【図表 5 2 耐専式による応答スペクトルの作成】

- c 耐専式に入力する地震の規模（M）については，松田（1975）⁶⁴（乙99）で提案されている，活断層長さ（L）と地震の規模（M）との関係を表す経験式（ $\log L = 0.6M - 2.9$ ）（乙99，271頁）を用いて，断層長さから求めた。この式は「松田式」と呼ばれる。（乙88，スライド63）
- d また，耐専式では，震源から敷地までの距離として等価震源距離を用いている。等価震源距離とは，震源断層面の各部から放出され敷地に到達する地震波のエネルギーの総計が，特定の1点（点震源）から放出されたものと仮定した場合に到達するエネルギーと等しくなるときの点震源から敷地までの距離をいう（図表53）。実際は広がりをもった震源断層面から放出された地震波を，ある1つの震源（点震源）から放出されるものと仮想することにより，等価震源距離という1つの数値の中で，震源断層面の広がりやアスペリティ分布の効果をも考慮することができる。

（以上（ア）について，1審被告準備書面（33）44～47頁，同（18）56～58頁，甲118，スライド14，乙50，44～46頁，乙54，9～10頁）



【図表53 等価震源距離】

⁶⁴ 松田時彦「活断層から発生する地震の規模と周期について」地震第2輯，第28巻，269-283頁

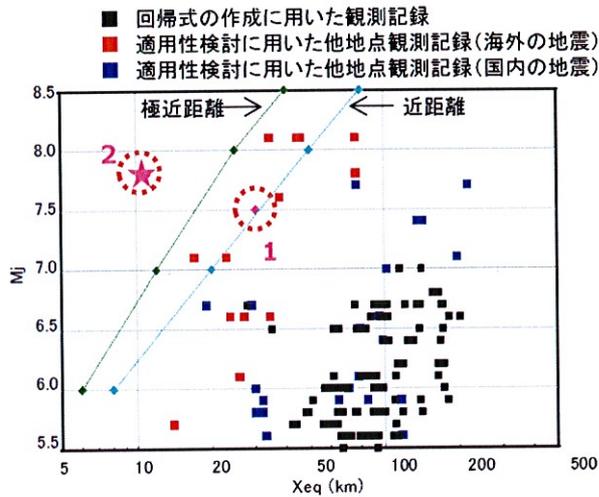
(イ) 耐専式の適用が不適当な場合の取扱い（各種の距離減衰式）

a 耐専式の適用性

距離減衰式は、様々な観測地点で得られた多くの地震観測記録を回帰分析⁶⁵等によって統計的に処理するという経験的な手法によって作成されている。そのため、距離減衰式を用いる際には、その元となった地震観測記録群の範囲（地震規模、震源からの距離等）を踏まえ、評価地点における地震動評価に用いることが適当かどうか（適用性）を確認した上で用いる必要がある（甲47，4頁，I 3.3.1(1)①1），乙54，13頁）。

耐専式については、その作成にあたって基礎とされた地震観測記録群のほか、作成後、同式の適用性の確認に用いられた地震観測記録群もあるが、これらの記録群には、等価震源距離が「極近距離」（マグニチュード8なら25km，マグニチュード7なら12km等）よりも著しく短い場合の地震観測記録は含まれていない（図表5-4，甲209，14頁，乙88，スライド64，乙182の1，添付書類六，6-5-78頁）。

⁶⁵ 回帰分析とは、多数のデータをもとに統計的な分析を行い、複数のパラメータ間の最も確からしい関係式（回帰式）を導くことである。地震学・地震工学を含む自然科学においては、様々な自然現象から基本的な原理・法則・傾向を見出すにあたって、回帰分析が幅広く行われている（1審被告準備書面（33）48頁，脚注21，同（18）140頁，脚注180）。



No.	検討用地震	Mj	Xeq ※ (km)
大 飯	1 上林川断層	7.5	30.2
	2 FO-A~FO-B断層~熊川断層	7.8	11.0

※Xeqは基本ケースの値

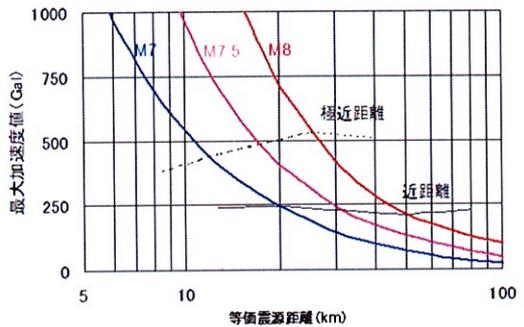
FO-A~FO-B~熊川断層については、極近距離との乖離が大きいため、耐専式を適用範囲外と判断する。

(乙88, スライド64から抜粋)

※左側の図において、FO-A~FO-B~熊川断層を表す「2」の点が、「極近距離」の斜め線よりも大きく左側に位置しており、同断層の等価震源距離(Xeq)が「極近距離」よりも著しく短いことを示している。

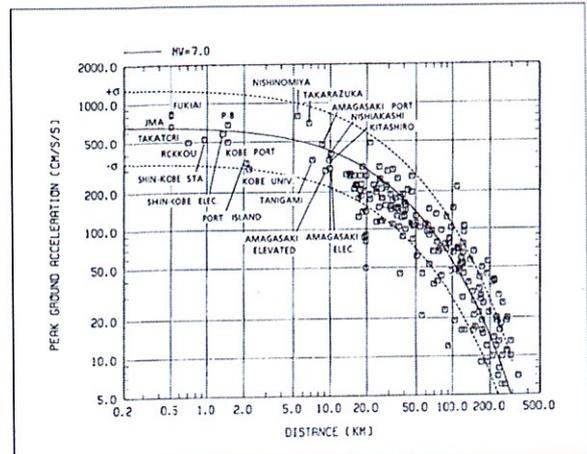
【図表 5 4 耐専式の適用可否の検討】

また、等価震源距離が「極近距離」より著しく短い場合、耐専式では、等価震源距離が短くなるにつれて、実際の地震動に比べて大きな評価結果が得られる傾向があるとされている(図表 5 5)。そのため、等価震源距離が著しく短い場合、耐専式を用いることが適当ではない場合がある。



耐専式における等価震源距離と最大加速度値の関係

極近距離とは
近距離(約200~250Galの加速度となる点)の1/2程度



兵庫県南部地震で観測された最大加速度値と既往の距離減衰式(福島・田中(1992))との比較(Fukushima & Irikura, 1997)

(甲125, スライド40から抜粋)

※まず、右側のグラフは、実際の地震における、震源断面からの最短距離と最大加速度値との関係を示したもので、距離が短くなればなるほど、最大加速度値の増加の度合いが低下する(頭打ちになる)という傾向が現れている。

一方、左側のグラフは、耐専式における等価震源距離と最大加速度の関係を示したもので、等価震源距離が短くなる(震源が敷地に近づく)につれて最大加速度の増加の度合いが増すという傾向が現れている。

すなわち、両グラフを比較すると、距離(等価震源距離)が短くなるにつれ、実際の地震動(右側グラフ)は最大加速度の増加の程度が緩やかに頭打ち傾向となるのに対し、耐専式による推定値(左側グラフ)は最大加速度の増加の程度が急激に伸びていく傾向となる。以上から、耐専式において「極近距離」より距離が短い場合に地震動を過大評価する傾向があることが分かる。

【図表55 耐専式における等価震源距離と最大加速度値の関係】

b 本件発電所における取扱い

本件発電所の検討用地震のうち、上林川断層による地震(マグニチュード7.5)は、等価震源距離が30.2kmであり、耐専式における「極近距離」に比べて十分長い一方、FO-A~FO-B~熊川断層による地震(マグニチュード7.8)は、等価震源距離が11.0kmと、「極近距離」に比べて著しく短い。

そこで、1審被告は、上林川断層による地震の地震動評価には耐専式を用いることとしたが、FO-A~FO-B~熊川断層による地震の地震動評価については、耐専式を用いるのは不相当と判断し、耐専

式以外の各種の距離減衰式（内山・翠川（2006）⁶⁶の関係式，片岡ほか（2006）⁶⁷の関係式，Abrahamson and Silva（2008）⁶⁸の関係式等）により応答スペクトルを求めることとした（乙88，スライド65，乙182の1，添付書類六，6-5-44頁，甲295，甲401等）。

なお，このように震源が近い地震について距離減衰式で求めた応答スペクトルについては，その取扱いに際して特別な留意を行っている。すなわち，「応答スペクトルに基づく地震動評価」は，多くの地震観測データに基づき，数少ないパラメータにより行うものである一方，「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は，断層面積，傾斜角等の断層形状のみならず，破壊開始点，アスペリティ等の破壊のメカニズムも考慮する（具体的には，断層全体の形状や規模を示す巨視的震源特性，アスペリティ等の震源断層の不均質性を示す微視的震源特性，破壊過程等のその他の震源特性を考慮した震源特性パラメータを設定する）ことにより，詳細な地震動評価が可能なものである。このことから，平成18年の改訂後の耐震設計審査指針（以下，「平成18年耐震設計審査指針」という）では，震源が評価対象地点に近く，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による地震動評価」を重視すべきであるとされ（乙113，223頁），新規制基準においても，この点が承継されている（甲47，3頁，I 3.1(2)）。

1 審被告は，このことを踏まえ，F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震の地震動評価については，後記3の「断層モデルを用いた手

⁶⁶ 内山泰生，翠川三郎「震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式」日本建築学会構造系論文集，606号，81-88頁

⁶⁷ 片岡正次郎ほか「短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式」土木学会論文集A，62，740-757頁

⁶⁸ Abrahamson, N. and W. Silva 「Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations」Earthquake Spectra, Vol. 24, 67-97頁

法による地震動評価」を重視することとし、各種の距離減衰式によって求めた応答スペクトルは、あくまで「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の妥当性を検討するために用いるものとした。

(以上(イ)について、1審被告準備書面(33)48～50頁、同(18)60～61頁、乙54、13～14頁、乙88、スライド63～65)

イ 耐専式及び松田式等の信頼性

(ア) 耐専式等の信頼性

- a 耐専式は、日本電気協会の原子力発電耐震設計専門部会(耐専)で審議され、取りまとめられた式であり、本件発電所敷地地盤と同様の岩盤上の20年間の地震記録(水平成分214個、上下成分107個)を統計的に分析すること(回帰分析)により得られた算定式である。
- b 耐専式は、同部会において、平成11年に策定されて以降、地震観測記録を用いて適用性の検証、確認が継続的に行われている。また、独立行政法人原子力安全基盤機構においても、「平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 活断層及び地震動特性に関する調査・解析に係る報告書」(乙96)にて、平成18年に発生した地震の観測記録と耐専式による評価結果との比較によってその適用性が確認されるなど(乙96、5-41～5-42頁)、耐専式は、実際に発生した地震によりその適用性が確認された、信頼性を有する地震動評価手法である。
- c なお、耐専式の信頼性について敷衍すると、日本電気協会による最新の「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2015)」(乙157。以下、「JEAG4601-2015」という)は、「新規制基準との整合や2007年新潟県中越沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震等から得られた知見等を反映して」(乙157、「『原子力発電所耐震設計技術指針』について」

第6段落) 改定されているが, このJEAG4601-2015においても耐専式の見直しはなされておらず(乙157, 31~37頁, 52頁, 乙158, 「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2008)」23~31頁, 47頁), 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震や福島第一原子力発電所事故を経ても, 耐専式の信頼性に変わりのないことが示されている。

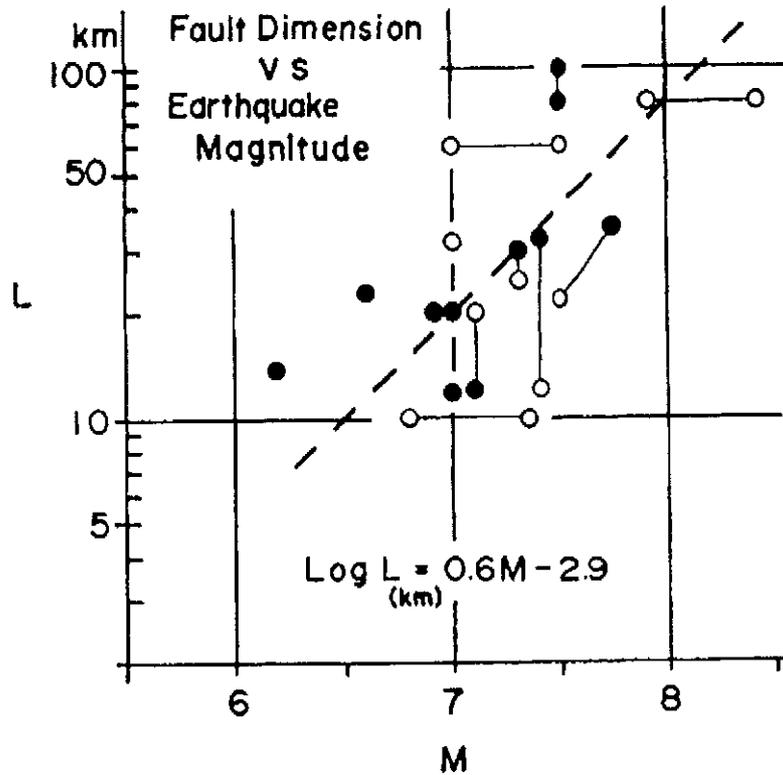
- d また, 耐専式以外の各種の距離減衰式についても, 耐専式と同じく, 多数の地震記録を回帰分析して得られた算定式である。いずれも, 震源から敷地までの距離(断層最短距離等), 地震の規模(モーメントマグニチュード等)などのパラメータから地震動の応答スペクトルを評価するものであるが, 各距離減衰式は, それぞれ地盤条件の違いや地震発生様式の違い等をパラメータとするなどの特徴を持っている。1審被告が用いた距離減衰式は, いずれも信頼性を有する地震動評価手法であり, それらの多くは, 耐専式以外の主な方法として, JEAG4601-2015(乙241⁶⁹)にも示されている(90~92頁)。

(以上(ア)について, 1審被告準備書面(28)16~18頁, 同(32)28~29頁, 同(33)50頁, 乙54, 10~12頁)

(イ) 松田式の信頼性

- a 松田式は, 上記ア(ア)cで述べたとおり, 活断層長さ(L)と地震のマグニチュード(M)との関係を表す経験式である(図表56(乙99, 270頁, Fig.1(a)の図)。図内の数式と, 左下から右上に延びる破線が松田式である)。松田式を用いることで, 活断層の長さからその活断層が起こす地震の規模を求めることができる。

⁶⁹ この乙241号証は, 乙157号証及び乙184号証と異なる箇所を抜粋したものである。



(乙99, 270頁より)

【図表 5 6 松田式（破線）及び松田式の元となった14地震のデータ】

松田式は、地震本部のレシピ⁷⁰（甲422）においても、地震の規模を求めるための関係式として引用されており（甲422, 5頁, (d)⁷⁰）、活断層と地震の規模との関係式として信頼性を有するものである。

図表 5 6 の見方について説明すると、同図において、○印で示されたデータのLが地表地震断層の長さを示すのに対し、●印で示されたデータのLは地震学的及び測地学的データ（例えば、余震分布や地殻変動のデータ）から得られた断層長さであり、これは地中の震源断層

⁷⁰ なお、甲422号証5頁の(d)は、「長期評価された地表の活断層長さ等から地震規模を設定し震源断層モデルを設定する場合」（同頁の（イ））の手順の一部であるが、1 審被告は、「過去の地震記録や調査結果などの諸知見を吟味・判断して震源断層モデルを設定する場合」（3頁の（ア））の手順を参照して「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を行っており、同評価において松田式は用いていない。

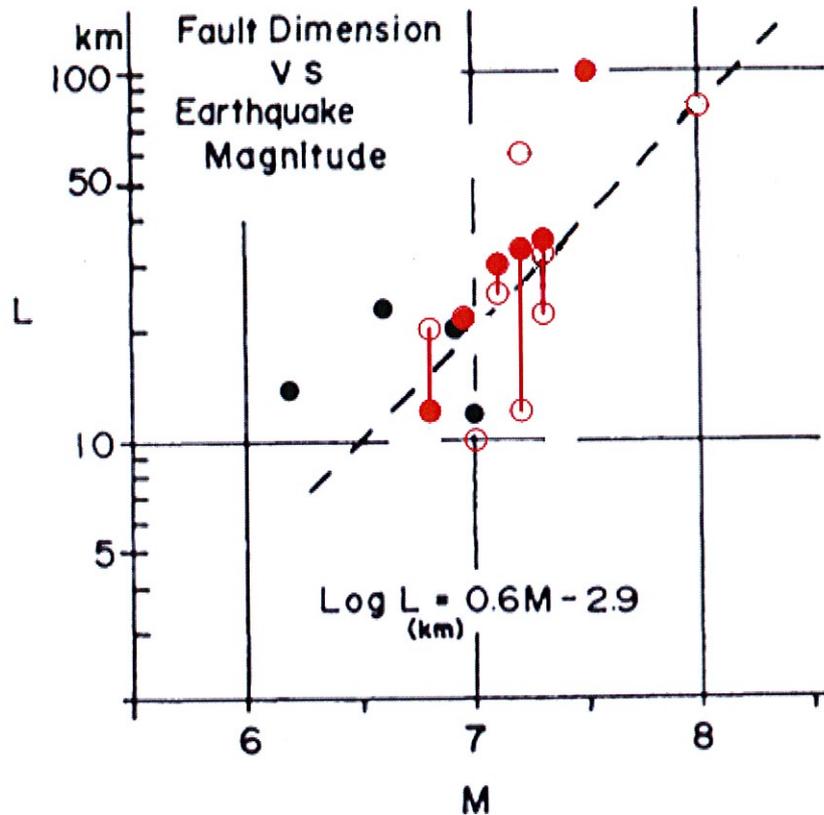
の長さに対応する⁷¹。(なお、震源断層と地表地震断層については、前記第1の2(2)アを参照。)

1 審被告が各種調査(前記第1の2)を行って評価しているのは、●印にあたる震源断層の長さであり、震源断層の長さ(L)から松田式を用いてマグニチュード(M)を求めている。

b 1 審被告は、松田式の元となった14地震について、最新の知見に基づいて見直されたマグニチュード(M)の値を基に改めて自ら検証を行っており、これら14地震のデータが松田式に良く整合していることを確認している。

すなわち、平成15年に気象庁によりマグニチュードの算出方法が改訂され、過去の地震のマグニチュードが再評価された。そこで、松田式の元となった14地震について、この気象庁が再評価したマグニチュードの数値を用いて図を描き直した結果が、図表57である(14地震のデータは丸で分布を示しているが、このうちマグニチュードが変わったデータは赤色で表している)。(乙100)

⁷¹ 乙99号証, 270頁の「Fig.1」に「○: values observed on the surface」(地表面で観測された値), 「●: values estimated from seismological or geodetic data」(地震学的または測地学的データから推定された値)と記載されている。



(乙100, 3頁, 図表3)

【図表57 再評価されたマグニチュードMを反映した14地震のデータ】

図表57を図表56と比較すると、赤色の●印で示される地震が、従来よりも破線により近い位置に位置していることが分かる。

つまり、気象庁の再評価という最新の知見を踏まえると、●印にあたる震源断層の長さは松田式と良く整合しており、実際に発生した地震のマグニチュードと震源断層の長さとの関係をよく示している。

(以上(イ)について、1審被告準備書面(33)50~53頁, 同(24)16~19頁)

ウ FO-A~FO-B~熊川断層の地震動の応答スペクトル

上記のとおり、FO-A~FO-B~熊川断層の地震については、耐専

式ではなく、各種の距離減衰式を用いて応答スペクトルを求めた。その際、各種の距離減衰式は、各提案者の考え方にに基づき、断層のずれのタイプの違いや観測点と断層面の位置による影響もパラメータとして考慮できるもの等、それぞれ特徴を有していることから（1審被告準備書面（32）27頁）、1審被告は、それらの特徴を踏まえた上で、各種の距離減衰式を用いた。また、各パラメータの設定においては、詳細な調査に基づき不確かさを考慮した保守的な値を入力し、起こりうる不確かさについても適切に考慮するなどした。

（1審被告準備書面（33）53～56頁，同（18）60～62頁，乙182の1，添付書類六，6-5-10～6-5-11頁，6-5-35頁，6-5-81～6-5-82頁）

（ア）基本ケース

1審被告は、9個の距離減衰式（乙88，スライド65）のそれぞれに、震源から敷地までの距離、地震の規模等、距離減衰式ごとに必要となるパラメータ（上記イ（ア）dを参照）を入力して、応答スペクトルを求めた。

a 例えば、震源から敷地までの距離については、断層の上端（地震発生層の上端）の深さ等を保守的に条件設定することで、距離が短くなり、ひいては地震動が大きくなるように設定した。

断層の上端（地震発生層の上端）の深さについては、前記第1の3（2）イで述べたとおり、詳細な地下構造の調査結果から深さ4km程度であると評価していたが、原子力規制委員会における議論も踏まえ、より浅く（保守的に）深さ3kmと設定することで、震源断層面が発電所敷地により近づく設定とした（下端深さは18kmと設定し、これにより断層の幅は15kmとした）。

b また、地震の規模については、断層の長さ及び断層の幅（地震発生

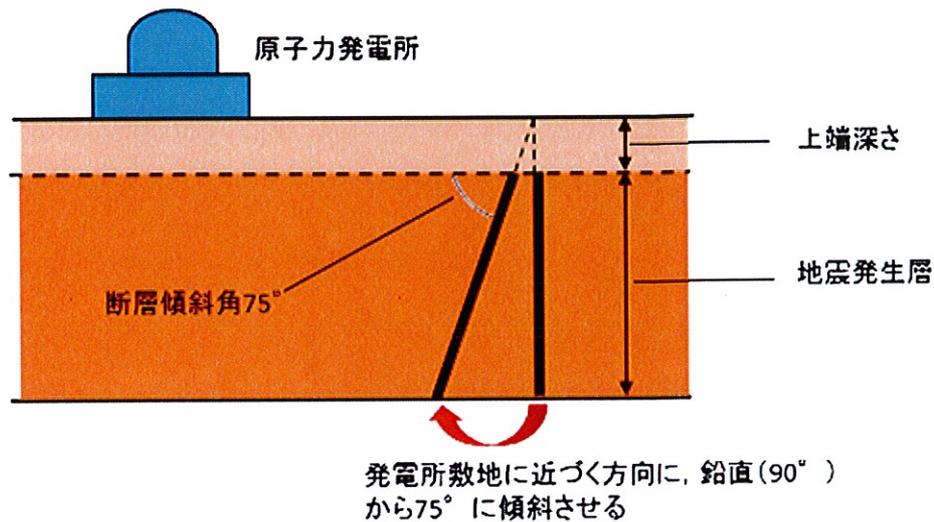
層の厚さ) の評価結果をもとに、断層長さ又は断層面積と地震の規模との関係式を用いて設定した。

1 審被告は、断層の長さ及び幅について、起こりうる不確かさを最大限に織り込んで保守的に評価したことから（前記第1の2（3）ウ及び同3（2）イ）、それらをもとにした地震の規模も、保守的に大きな値を設定した（地震モーメント換算で言うと、FO-A～FO-B断層（2連動）の長さ35km、断層上端深さ4km（断層幅14km）で $1.36 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ であったところ、FO-A～FO-B～熊川断層（3連動）の長さ63.4km、断層上端深さ3km（断層幅15km）で $5.03 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ と、3倍を超える大きさとなった。地震モーメントについては後記3（2）ウ（ア）bを参照）。

（イ）不確かさの考慮ケース（傾斜角75° ケース）

また、FO-A～FO-B～熊川断層については、本件発電所敷地との位置関係等を踏まえ、各種の距離減衰式による応答スペクトルを求めるに際し、不確かさを考慮して、敷地での地震動が更に大きくなるケースを追加的に検討した。

すなわち、FO-A～FO-B～熊川断層は、上林川断層と同様、横ずれ断層であり、断層の傾きが90°（断層面が鉛直）であると評価される（前記第1の3（2）イ（イ）b）。しかし、FO-A～FO-B～熊川断層は、上林川断層と異なり、本件発電所敷地のごく近傍にあり、想定される地震が敷地に与える影響が大きいため、断層の傾きの違いが地震動評価に少なからず影響を及ぼす可能性があると考えられる。そこで、不確かさの考慮として、念のため、周辺の逆断層の断層傾斜角を参考に震源断層面の傾斜角を75°に変えることで、震源断層面と敷地との距離を近づける（地震動がより大きくなる）ケースを検討した（図表58）。



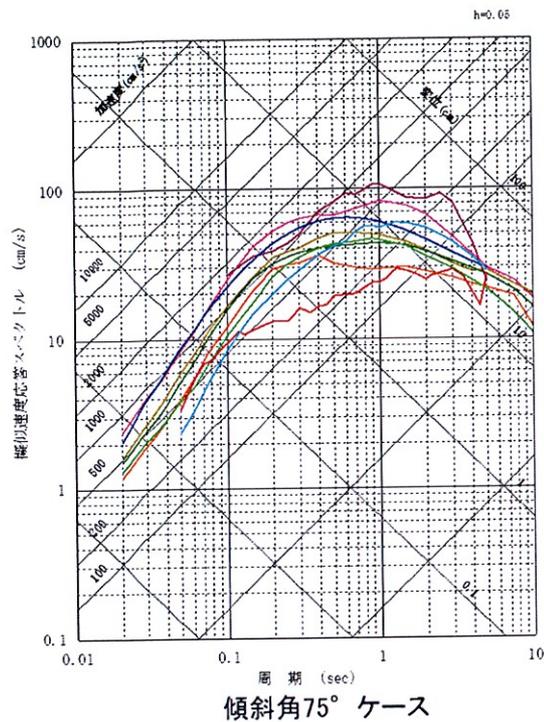
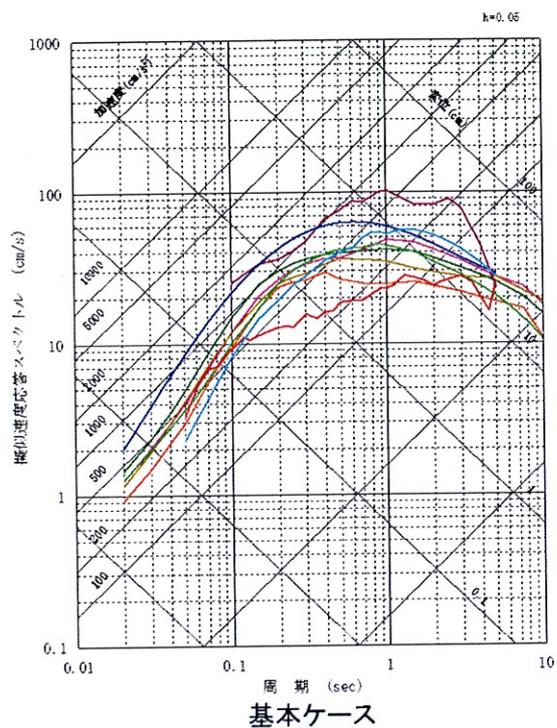
【図表 5 8 断層傾斜角】

(ウ) その他のパラメータ等

1 審被告は、各種の距離減衰式が提案されている論文（乙88，スライド65を参照）において、当該距離減衰式の基礎とされた観測記録から導出された補正式が提案されている場合は、それを用いて地盤の固さを踏まえた補正を行うなどして、各種の距離減衰式の諸元となった地盤の固さと本件発電所の地盤の固さの差異を適切に考慮した（1 審被告準備書面（3 2）27頁）。

(エ) 応答スペクトル

9 個の距離減衰式により求めた F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震の応答スペクトルは、図表 5 9 のとおりである（乙88，スライド93，乙182の1，添付書類六，6-5-81~6-5-82頁）。1 審被告は、上記ア（イ）bで述べたように、これらの応答スペクトルを「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の妥当性の検討に用いることとした（検討結果については後記第4の1（2）を参照）。

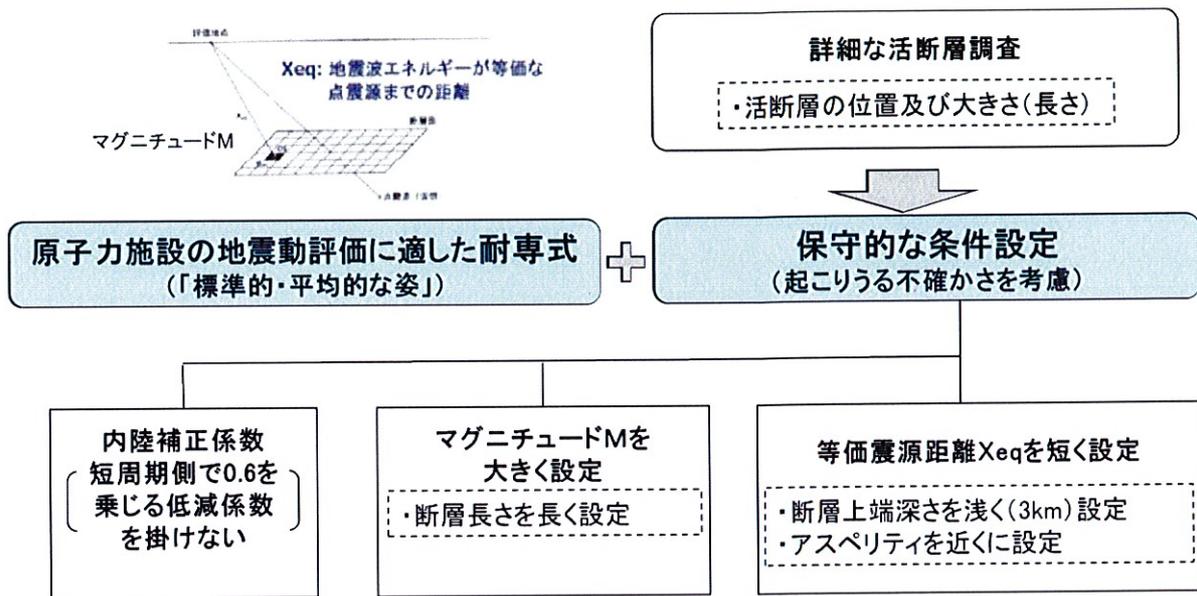


- Abrahamson and Silva(2008)
- Boore and Atkinson(2008)
- Cambell and Bozorgnia(2008)
- Chiu and Youngs(2008)
- Idriss(2008)
- Kanno et al(2006)
- 片岡・他(2006)
- 内山・翠川(2006)
- Zhao et al(2006)

【図表 59 FO-A～FO-B～熊川断層による地震（基本ケース・傾斜角75° ケース）の各種の距離減衰式による応答スペクトル】

エ 上林川断層の地震動評価

1 審被告は、上林川断層による地震については、上記のとおり耐専式を用いることとし、保守的な条件により設定した地震の規模と等価震源距離等のパラメータを耐専式に入力して、応答スペクトルに基づく地震動評価を行った（図表60）。



【図表 6 0 耐専式を用いる際の保守的な条件設定】

すなわち、耐専式を用いる際に必要となる、地震の規模（マグニチュード、M）と等価震源距離（Xeq）については、詳細な調査に基づいて断層の位置や大きさを適切に把握し、起こりうる不確かさを最大限に織り込んで、保守的な条件設定を行った。また、耐専式において、内陸地殻内地震に適用できるとして用意されている低減係数である内陸補正係数について、1審被告は、より保守的に地震動を評価する観点から、この係数を用いないこととした。そして、その他のパラメータ等についても条件設定した上で、地震動評価を行った。

（1審被告準備書面（33）56～62頁，同（18）59～60頁，乙54，14～15頁，乙182の1，添付書類六，6-5-10～6-5-11頁，6-5-35頁，6-5-79～6-5-80頁）

以下、具体的に説明する。

（ア）地震の規模

地震の規模（マグニチュード、M）は、詳細な調査に基づいて断層の

長さを把握した上で、断層の長さから地震の規模を導き出す関係式（上記ア（ア）cの松田式）に長さの値を入力して評価する。

1 審被告は、断層の長さについて、起こりうる不確かさを最大限に織り込んで保守的に評価した上で（前記第1の2（3）エ）、地震の規模を評価した。

その結果、上林川断層による地震の規模は、文献等で記載されている活断層の長さ約26kmの場合でマグニチュード7.2であったところ、その長さを約39.5kmと評価することによりマグニチュード7.5とした。

（イ）等価震源距離

1 審被告は、等価震源距離について、断層の上端（地震発生層の上端）の深さ（下記a）やアスペリティの配置（下記b）、断層傾斜角（下記c）等を保守的に条件設定することで、等価震源距離が短くなり、ひいては地震動が大きくなるように評価している。

a 断層の上端（地震発生層の上端）の深さ

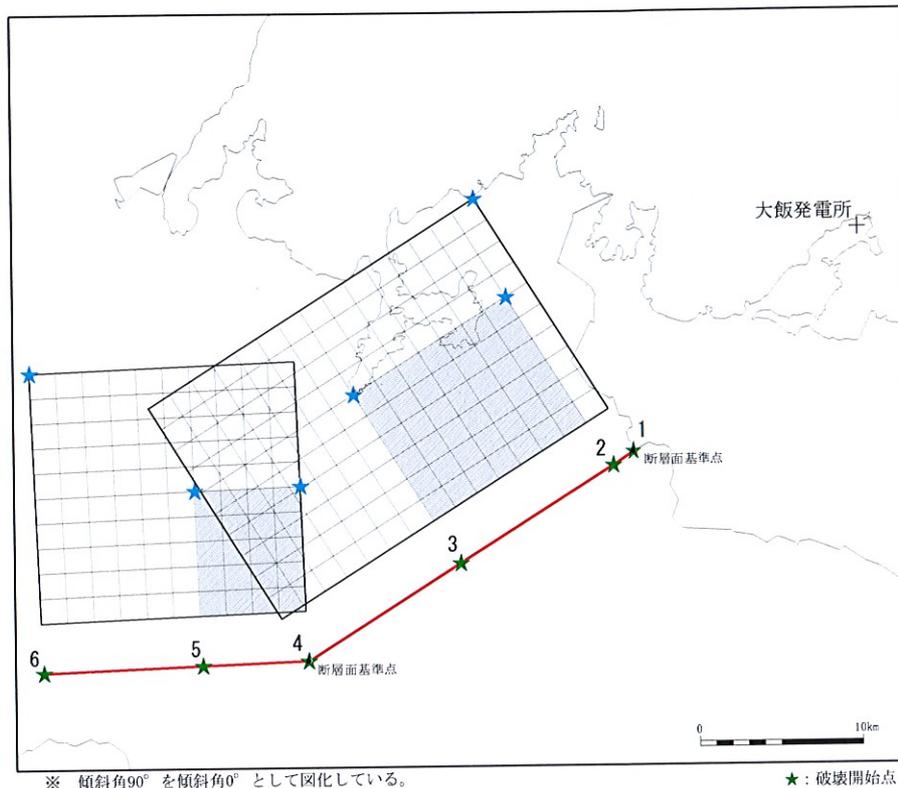
まず、断層の上端（地震発生層の上端）の深さについては、詳細な地下構造の調査結果から深さ4km程度であると評価していたが、原子力規制委員会における議論も踏まえ、より浅く（保守的に）深さ3kmと設定することで、震源断層面が発電所敷地により近づく設定とした（下端深さは18kmと設定し、これにより断層の幅は15kmとした）（前記第1の3（2）イ）。

b アスペリティの配置

震源断層面において周囲よりもすべり量が大きく、強い揺れが生起される部分（アスペリティ）の配置については、断層面の中央付近に

設定することが基本とされている⁷²。しかしながら、1 審被告は、上林川断層について、詳細な調査に基づいてその位置を把握し、断層の長さ（上端深さ及び下端深さ）を保守的に評価した上で、アスペリティ位置を地震の発生前に正確に特定するのは困難であることを考慮し、等価震源距離が短く（発電所敷地に近く）なるよう、断層面のうち本件発電所敷地に近い位置にアスペリティを配置した。（図表 6 1。乙88，スライド112，乙182の1，添付書類六，6-5-77頁）

⁷² 1 審被告が断層モデルを用いた手法による地震動評価で参照するレシピ（甲422）においても、アスペリティが1個の場合の位置は、震源断層面の中央付近とすることが基本の設定であるとされている（甲422，9頁，(a)欄外）。



i) 断層配置図

※図内の赤い線が、平面図上における震源断層の位置を示している。その赤い線に沿って置かれた格子状のものが震源断層面を表しており、赤い線の位置の地下にあることを示している。そして、格子状の震源断層面のうち、青色で塗りつぶされている区画がアスペリティである。

なお、断層傾斜角（後記 c）が鉛直（水平面から 90° 下向き）の場合、平面図上では真上から見ると1本の線になってしまうため、鉛直である震源断層面を、便宜上、水平（横倒し）にして表示している。

また、図内に複数ある小さな星印は、破壊開始点（後記 3（2）ウ（イ）bで述べる）の位置である（赤い線の上に打たれた緑色の星印は、平面図上での位置を示しており、格子状の区画上に打たれた水色の星印は、上記緑色の各星印の、震源断層面における位置を示している）。

【図表 6 1 上林川断層のモデル図（基本ケース）】

c 断層傾斜角

次に、断層傾斜角については、上林川断層は、断層面がほぼ鉛直で地震時のずれ方向は水平方向が主である「横ずれ断層」（前記第 1 の 3（2）イ（イ）a の図表 3 4，下の 2 つの図）であると評価し、断層

傾斜角は鉛直（水平面から90° 下向き）と評価した。

d 等価震源距離の評価

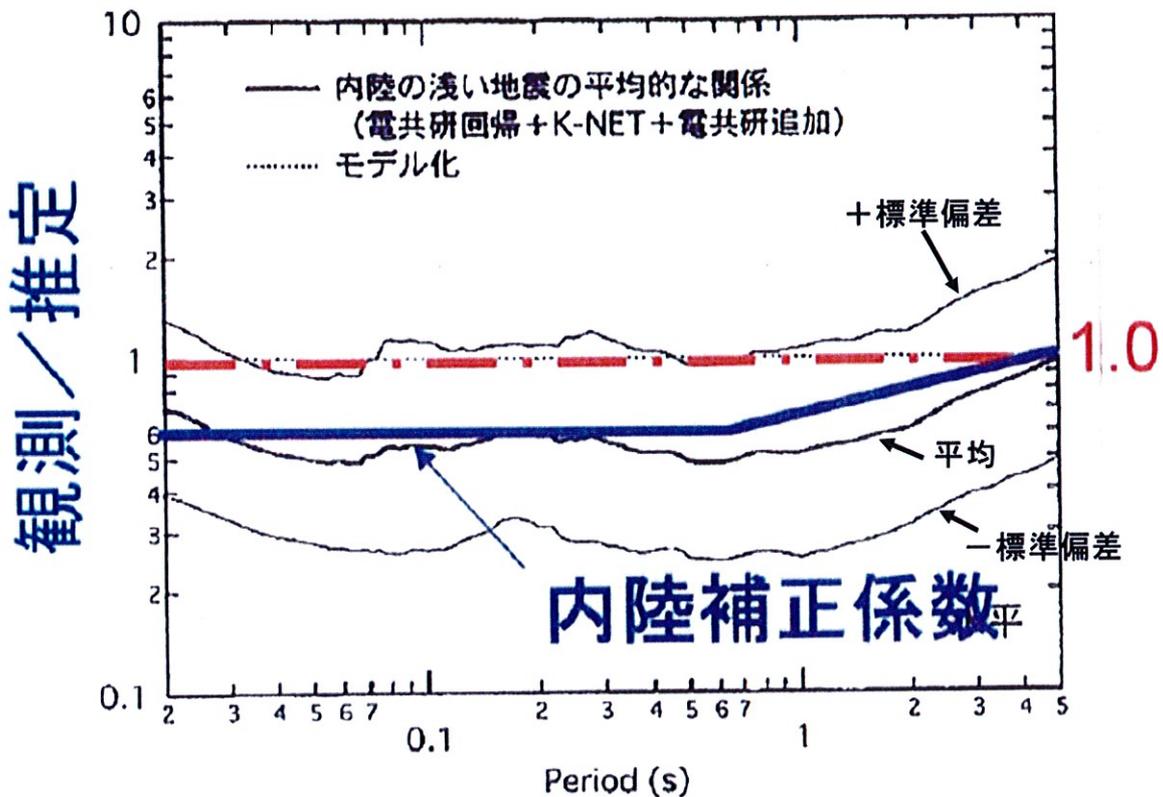
以上のような保守的な条件設定により，等価震源距離は30.2kmとなり，1審被告は，これらを地震動評価に用いることとした。

(ウ) 内陸補正係数

耐専式において，内陸地殻内地震に適用できるとして用意されている低減係数である内陸補正係数について，1審被告は，より保守的に地震動を評価する観点から，この係数を用いないこととした。

耐専式元データとなった地震には，プレート間地震，海洋プレート内地震，内陸地殻内地震のデータが含まれているが，そのうち，本件発電所に影響するものとして1審被告が対象としている内陸地殻内地震による地震動は，地震の規模の割に地震動，特に短周期側の揺れが小さめであることが分かっている。

そのため，耐専式をそのまま適用すると，図表6-2に示すように，実際の地震動の観測記録の方が小さく，耐専式による評価結果は過大評価となる。



※上記の図における、3本の黒色の曲線は、内陸地殻内地震（「内陸の浅い地震」）の観測記録と、当該各地震の耐専式による推定値との比（「観測／推定」）について、その平均値（「平均」の線）と標準偏差の範囲（「+標準偏差」「-標準偏差」）を示している。

（甲118，スライド22の右下の図に一部加筆）

【図表 6 2 内陸補正係数】

そこで、内陸地殻内地震について耐専式を用いる場合には、同図表において青色の線で示すように、短周期側（グラフの横軸の左側）を0.6倍にする内陸補正係数を乗じて補正する（小さくする）こととされている（乙184，47頁(5)，48頁附表1.1-1)⁷³。

本件発電所に影響を与える、若狭湾周辺地域で発生する地震は内陸地

⁷³ 具体的には、地震基盤における水平方向の地震動に対し、応答スペクトルの周期0.02秒から0.6秒にかけては補正係数0.6を、周期0.6秒から5秒にかけては周期に応じ、補正係数0.6から1.0に漸増させた補正係数を、それぞれ乗じることで、短周期領域の地震動を小さくすることができる。

殻内地震であることから、本来この内陸補正係数を用いることができる
ところ、1審被告は、あえてこの内陸補正係数を乗じないことで地震動
を大きく見積もり、保守的な地震動評価を行った。(乙182の1, 添付書類
六, 6-5-10頁)

(エ) その他のパラメータ等

また、耐専式は、評価地点の地盤のP波速度・S波速度を考慮して地
盤増幅率を乗じることで、評価地点の岩盤の固さに応じた応答スペクト
ルに補正されるようになっており(上記ア(ア) b), 評価地点の地域
性を踏まえて地震動評価を行うことが予定されている。

そこで、1審被告は、伝播特性及び地盤の増幅特性(サイト特性)の
評価結果(前記第1の3(2)ウ及びエ)から、耐専式により得られる
評価結果の補正の必要性の有無を確認した。

まず、伝播特性のうち、影響の大きい幾何減衰については地域性がな
いこと、また、内部減衰についても、Q値(岩石等の媒質に固有の値)
は、本件発電所敷地周辺を含む若狭湾付近において、既往の研究結果か
ら $50f^{-1.1}$ と、国内における平均的な値であったことから、耐専式で得ら
れる評価結果を補正する必要がないことを確認した。

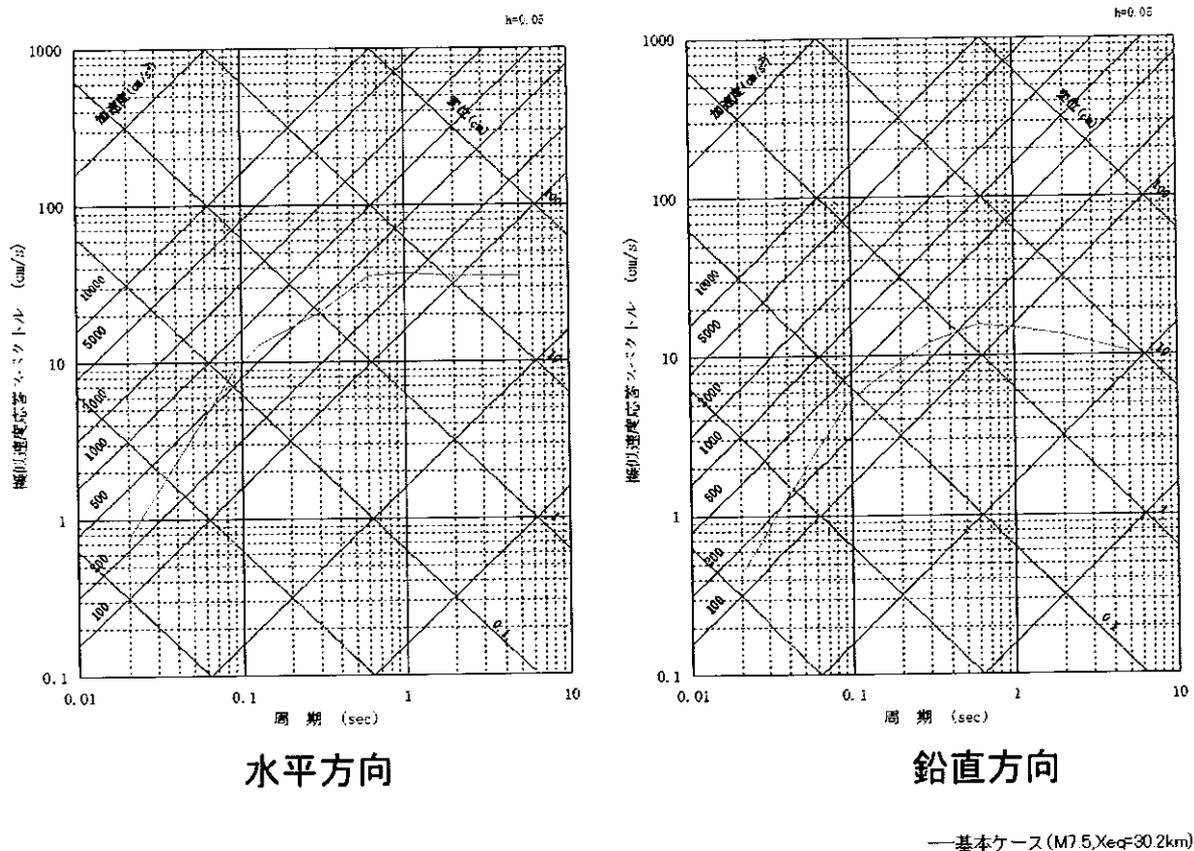
また、地盤の増幅特性(サイト特性)についても、詳細な調査に基づ
いて、本件発電所敷地の解放基盤表面のP波速度及びS波速度をそれぞ
れ約4.3km/s, 約2.2km/sと評価するとともに、地震波の局所的な集中を
生じさせるような特異な地下の速度構造がなく、耐専式で得られる評価
結果を補正する必要がないことを確認した。

(オ) 地震動評価結果

耐専式によって求められた、上林川断層による地震(基本ケース)の

本件発電所敷地における地震動評価結果（応答スペクトル）は、図表6-3のとおりである（乙88、スライド115、乙182の1、添付書類六、6-5-79～6-5-80頁）。

以上の評価結果を基に策定した基準地震動については、後記第4の1（1）で述べる。



【図表6-3 上林川断層による地震（基本ケース）の

耐専式による地震動評価結果】

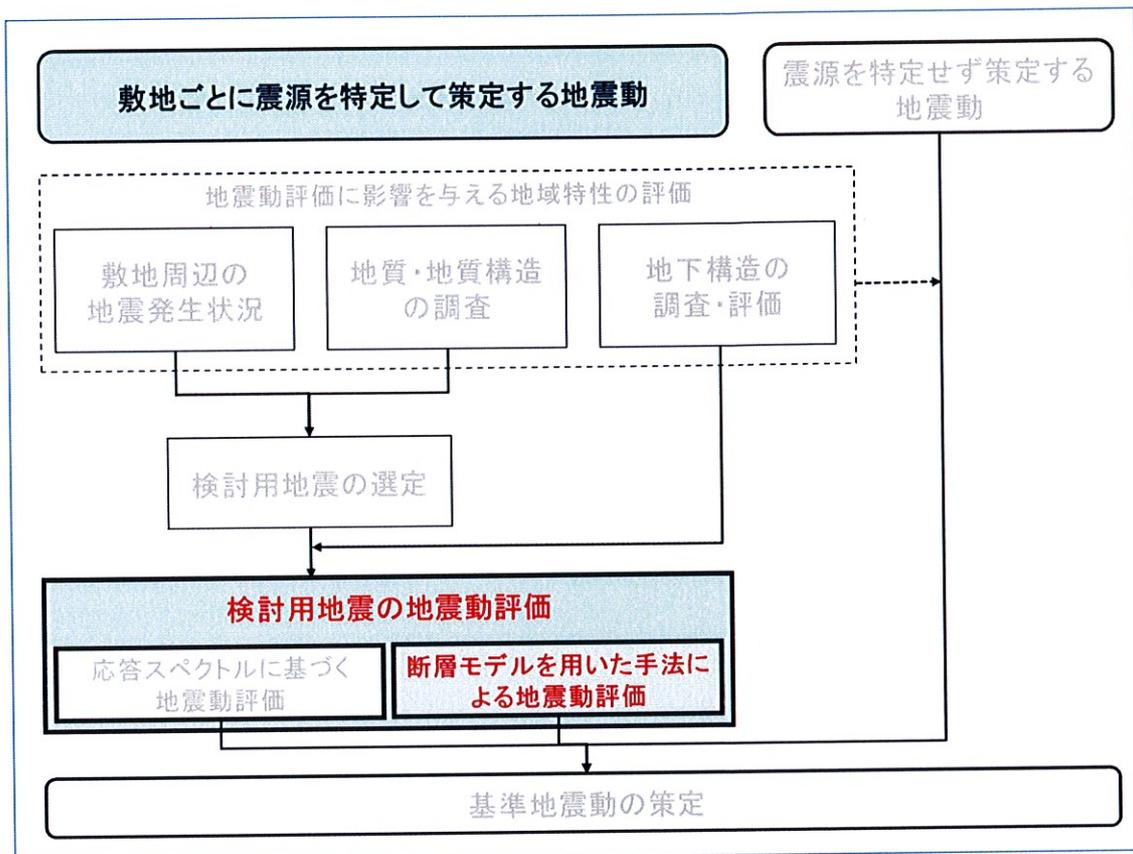
(3) 原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会は、1審被告が行った本件発電所の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価（本項の「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び後記3の「断層モデルを用いた手法による地震動評価」）について、検討用地震として選定したFO-A～FO-B～熊川断層による地震及び上

林川断層による地震に係る評価が、設置許可基準規則解釈別記2に適合していることを確認したとしている（乙235，16～18頁⁷⁴）。

⁷⁴ なお，1審被告が松田式を用いている点については，乙235号証18頁のdで言及している。

3 断層モデルを用いた手法による地震動評価について



「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、震源断層面を設定し、その震源断層面にアスペリティを配置し、ある一点の破壊開始点から、これが次第に破壊し、揺れが伝わっていく様子を解析することにより地震動を計算する評価手法である。

上記2の「応答スペクトルを用いた地震動評価」は、過去の多くの地震データを基にしたもので、少ないパラメータ（地震規模、震源距離等）で地震動を評価できる手法である。一方で、実際の断層は面であり、断層面は均質ではなく、また、地震のメカニズムも複雑である。

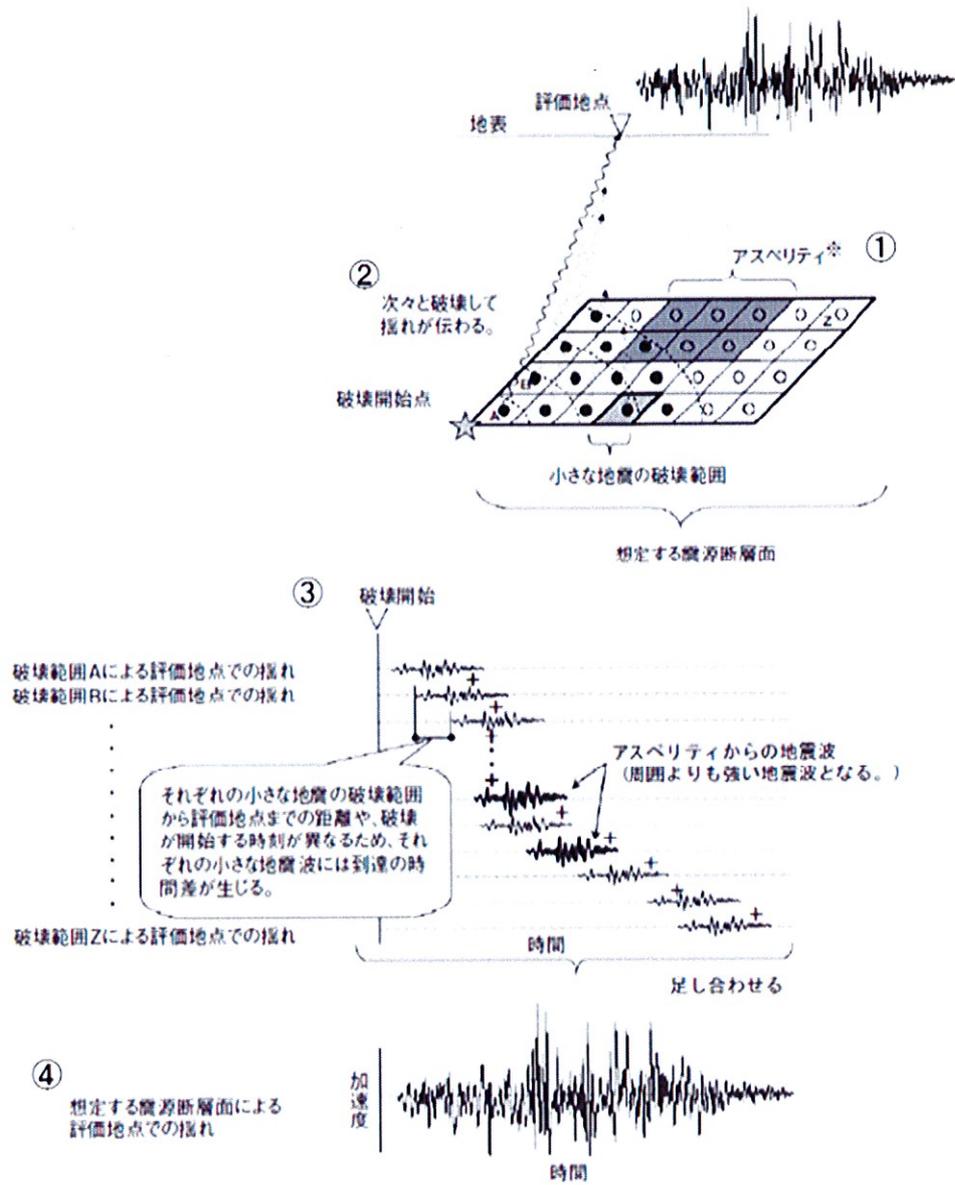
すなわち、地震とは、プレートの動きによって蓄積されたひずみが限界を超えたときに、断層がずれ動く現象であり、ずれ動く面のことを震源断層面という（本書面末尾の別紙1の3を参照）。また、震源断層面は均質ではなく、断層面上で通常は強く固着していて、ずれ動く際に周囲に比べて特にすべり量が

大きく強い地震波を出す領域があり、これをアスペリティという。そして、震源断層は、同時に震源断層面の全範囲が破壊されるのではなく、破壊が始まった断層が地震波を発生し、次第に破壊の範囲が広がっていくものである。地震動評価においては、大きな地震は、小さな地震が次々に発生してそれぞれの揺れが合わさったものと見なすことができる。

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、このような地震の発生メカニズムを反映した手法であり、具体的には、①震源断層面を設定（アスペリティの配置を含む）し、細かい小断層（要素面）に分割する、②ある特定の要素面から破壊が始まるものとして破壊開始点を設定する、③破壊開始点から破壊が各要素面に伝播し、分割された各要素面からの地震波が次々に評価地点に伝わることにより評価地点に生じる地震動を足し合わせる（この時アスペリティからの地震波はアスペリティ以外の部分からの地震波よりも強いものとなる）、④足し合わせの結果、評価地点での地震動が求められる（以上①から④について、図表64）。

なお、「応答スペクトルに基づく地震動評価」と「断層モデルを用いた手法による地震動評価」との関係について、従来は「応答スペクトルに基づく地震動評価」が中心であったが、平成18年の耐震設計審査指針の改訂を踏まえて、近年技術的進歩が著しい強震動予測手法としての「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を並列的に用いている。

（以上について、乙50、47～48頁、乙54、16頁、乙113、218～220頁、223頁）



(乙113, 220頁より)

【図表 6 4 断層モデルを用いた手法による地震動評価のイメージ】

本項では、各検討用地震に係る「断層モデルを用いた手法による地震動評価」について説明する。

(1) 設置許可基準規則等

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」について、設置許可基準規則解釈は、「検討用地震ごとに、適切な手法を用いて震源特性パラメータを設定し、地震動評価を行うこと」を求めている（同規則解釈別記2第4条5項2号④ii，乙65，128頁）。

これを受けて、地震ガイドは、まず、震源モデルの設定について、「震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部による『震源断層を特定した地震の強震動予測手法』（引用者注：「レシピ」（甲422）のことである）等の最新の研究成果を考慮し設定されていること」、「アスペリティの位置が活断層調査等によって設定できる場合は、その根拠が示されていること」、「根拠がない場合は、敷地への影響を考慮して安全側に設定されている」こと、「アスペリティの応力降下量（短周期レベル）については、新潟県中越沖地震を踏まえて設定されていること」を確認するとしている（I3.3.2(4)①，甲47，4～5頁）。

また、地震動計算において統計的グリーン関数法（下記（2）ア③）等を用いる場合について、「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」を確認するとしている（I3.3.2(4)③1，甲47，5頁）。

(2) 本件発電所の「断層モデルを用いた手法による地震動評価」

ア 1 審被告の評価手法の概要

上記の要求事項を踏まえ、1 審被告は、本件発電所について断層モデルを用いた手法による地震動評価を行った。その概要は以下のとおりである。

（1 審被告準備書面（3 3）63～66頁，同（1 8）63～66頁，乙50，47～48頁，51頁，乙54，16～17頁，乙113，221～222頁）

① 震源断層のモデル化（震源断層パラメータの設定）

1 審被告は、まず、地震ガイドに例示されている地震本部のレシピ（甲422）を参照するなどして、検討用地震ごとに、十分に不確かさを考慮して、震源断層パラメータを設定し、震源断層をモデル化した（下記ウで述べる）。なお、このレシピは、実際の地震動を精度よく再現できるものとして、その有効性・信頼性が確認されている（下記イで述べる）。

② 地震波の伝播特性、地盤の増幅特性（サイト特性）の評価

前述のとおり、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」では、震源断層面上の各要素面からの地震波が次々に評価地点に伝わることにより評価地点に生じる地震動を評価することから、震源（断層面）から敷地までの地域性（地震波の伝播特性及び地盤の増幅特性（サイト特性））を評価することが必要となる。

そこで、1 審被告は、次に、震源断層面から評価地点地下の地震基盤面（前記第1の3（2）エの冒頭箇所を参照）までの伝播特性と、地震基盤面から評価地点（の解放基盤表面）までの増幅特性（サイト特性）について評価した（下記エで述べる）。

③ 地震動評価

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」では、震源断層パラメータ（上記①）と、伝播特性及び地盤の増幅特性（サイト特性）の評価結果（上記②）を用いて、震源断層面上の各要素面からの地震波によって生じる評価地点での小さな地震動を、評価地点に次々到達することによる時間差を考慮して重ね合わせる作業（波形合成）が必要となる。

1 審被告は、この波形合成の方法（波形合成法）として、統計的グリ

ーン関数法等⁷⁵⁷⁶を用いることとし、地震動評価を行った（下記オで述べる）。

イ レシピの信頼性

ここで、1審被告が参照したレシピ（甲422）は、多数のパラメータがパラメータ間の関係式を用いて設定されている、一連の地震動評価手法であるが、このレシピは、実際の地震動を精度よく再現できるものとして、その有効性・信頼性が確認されている。

このことは、新規制基準の地震ガイド（甲47）において、「震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部による『震源断層を特定した地震の強震動予測手法』等の最新の研究成果を考慮し設定されていることを確認する」（I 3.3.2(4)①1）、甲47、4～5頁）として、参照すべき知見としてレシピが明記されていることに加え、国の防災計画の検討において実績の豊富な信頼性の高い手法として採用されていることから裏付けられる。

（1審被告準備書面（33）66頁、同（18）64頁、脚注105、甲422、1頁、乙50、50頁、乙54、17頁）

ウ 震源断層のモデル化（震源断層パラメータの設定）

1審被告は、地震ガイドに例示された地震本部のレシピを参照して、震

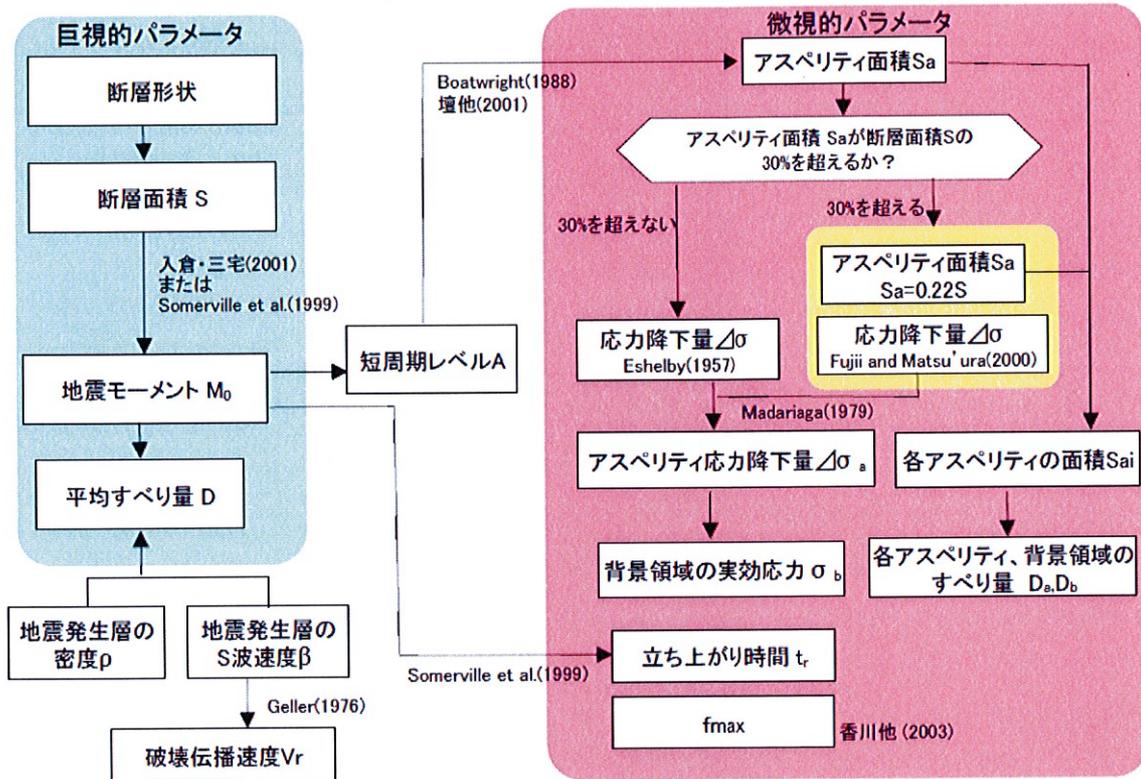
⁷⁵ 1審被告は、短周期側について統計的グリーン関数法を用いて計算した地震動と、長周期側について理論的方法を用いて計算した地震動とを組み合わせる、ハイブリッド合成法を用いて波形合成を行っている。

⁷⁶ 補足すると、統計的グリーン関数法は、要素地震による地震動として、既往の地震観測記録を統計処理して作成した人工的な時刻歴波形を採用している。また、評価地点の地盤をモデル化することで地盤の増幅特性（サイト特性）を反映している。

なお、グリーン関数とは、物理学等で微分方程式を解く際に頻繁に用いられる関数であり、イギリスの数学者ジョージ・グリーンに由来する。断層モデルにおいては、ある1点（震源）に力を作用させたときの任意点（観測点）の応答を表す関数をいう。

源断層パラメータを設定した（図表 6 5。乙182の1，添付書類六，6-5-72頁）。

（1 審被告準備書面（3 3）67～82頁，同（1 8）66～74頁）



（乙182の1，添付書類六，6-5-72頁に一部加筆）

【図表 6 5 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」における震源断層パラメータの設定の流れ】

(ア) 各パラメータの設定

具体的には，以下のとおり，パラメータ間の関係式に基づいて震源断層パラメータを設定した。

a 震源断層面積 (S)

(a) 基本ケース

まず，保守的な条件により設定した，震源となる断層の長さ (L)，

及び断層の幅（W）（地震発生層の上端深さから下端深さまでの幅）から、震源断層面積（S）を求めた（ $S=L \times W$ ）。

断層の長さについては、FO-A～FO-B～熊川断層については63.4kmと設定し、上林川断層については39.5kmと設定した（前記第1の2（3））。また、断層の幅については、FO-A～FO-B～熊川断層及び上林川断層のいずれについても、地震発生層の上端深さを3km、下端深さを18kmと設定して地震発生層の厚さを15kmとし、断層傾斜角を90°（鉛直）としたことから、断層の幅を15kmと設定とした（前記第1の3（2）イ（ウ））。

この結果、震源断層面積は、FO-A～FO-B～熊川断層は951km²、上林川断層は592.5km²となった（乙88、スライド80、113等、乙182の1、添付書類六、6-5-33頁、6-5-37頁、6-5-42頁等）。

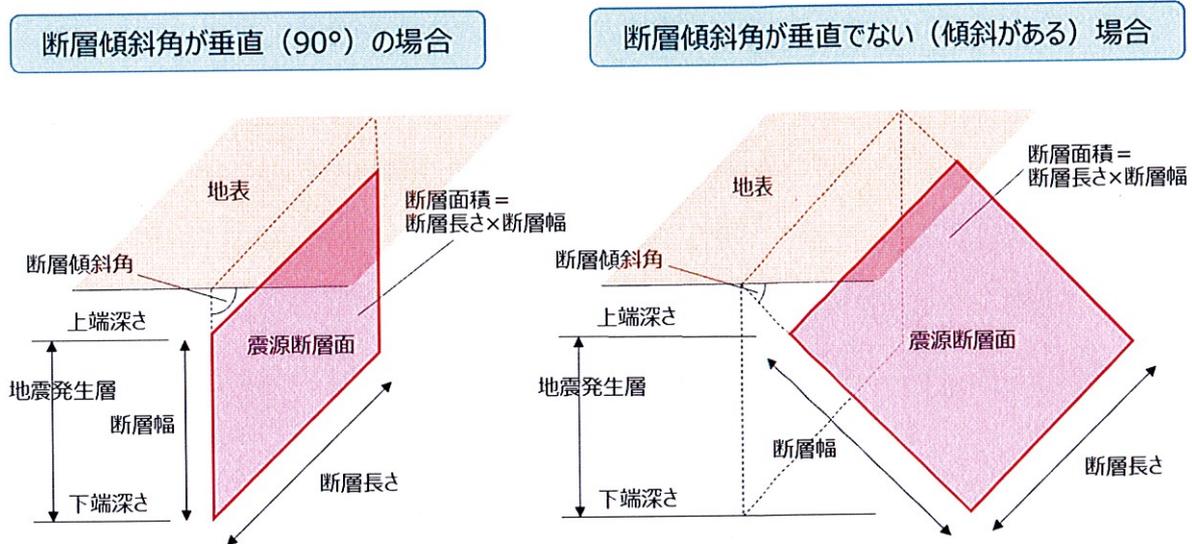
この面積は、保守的な条件設定をしない場合と比べて相当大きくなっており、例えば、FO-A～FO-B～熊川断層の面積は、FO-A～FO-B断層の2連動のみ、断層上端深さ4kmの場合の約2倍である⁷⁷（1審被告準備書面（24）14頁）。

（b）不確かさの考慮

さらに、FO-A～FO-B～熊川断層については、後記（イ）c（b）で述べるとおり、不確かさを考慮し、断層傾斜角を75°にしたケースも設定しているところ、断層面を90°から75°に傾斜させると（前記2（2）ウ（イ）の図表58を参照）、断層の幅が広くなることから面積も広くなる（下記図表66）。この場合の震源断層面積は、1002.85km²となった（乙88、スライド87、乙182の1、添

⁷⁷ FO-A～FO-B～熊川断層については、FO-A～FO-B断層の2連動（断層長さ35.3km）で断層上端深さ4km（断層幅14km）の場合で494.2km²であった。また、上林川断層については、断層長さ26kmで断層上端深さ4km（断層幅14km）の場合で364km²であった。

付書類六，6-5-38頁）。



【図表 6 6 断層傾斜角と震源断層面積との関係】

b 地震モーメント (M_0)

(a) 基本ケース

次に，上記 a の震源断層面積から地震モーメントを求めた。

地震モーメント (M_0) とは，地震の規模を表す指標の一つで，断層運動の大きさ（エネルギー）を表す値である（単位は $N \cdot m$ (N はニュートン) である)。

レシピでは，入倉・三宅 (2001)⁷⁸ (乙75⁷⁹) で提案されている，震源断層面積と地震モーメント (M_0) の関係式⁸⁰ ($M_0 \geq 7.5 \times 10^{25} \text{dyne-cm}$ の場合は $S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2}$) が示されている。

この関係式は，地震動の観測記録等を用いた解析により求められた震源断層面積と地震モーメントのデータを主に用いて，他のパラメータを介さず，直接，震源断層面積と地震モーメントとの関係を

⁷⁸ 入倉孝次郎・三宅弘恵「シナリオ地震の強震動予測」地学雑誌第110巻，849～875頁

⁷⁹ 乙75号証と甲212号証は同じものである。以下では，乙75号証を引用する。

⁸⁰ 乙75号証861頁，図8の「Step3」の式（レシピでは，甲422号証4頁，(3)の式)。

導くものであり、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行うために、個々の活断層ごとに震源断層面の大きさ（長さ・幅）・深さ・傾斜を設定して震源断層面積を算定し、震源パラメータを設定する場合に適したものである。

1 審被告は、この関係式を用いて震源断層面積から地震モーメントを求めた。上記 a のとおり震源断層面積を保守的に大きく設定した結果、震源断層面積から求められる地震モーメントも、保守的な条件設定をしない場合と比べて大きな値となり、FO-A～FO-B～熊川断層については $5.03 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ 、上林川断層については $1.95 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ となった（乙88，スライド80，113等，乙182の1，添付書類六，6-5-33頁，6-5-37頁，6-5-42頁等）。

この地震モーメントも、保守的な条件設定をしない場合と比べて大きな値となっており、例えば、FO-A～FO-B～熊川断層の地震モーメントは、FO-A～FO-B断層の2連動のみ、断層上端深さ4kmの場合の3倍を超える⁸¹（1 審被告準備書面（24）14頁）。

（b）不確かさの考慮

さらに、FO-A～FO-B～熊川断層については、後記（イ）c（b）で述べるとおり、不確かさを考慮し、断層傾斜角を 75° にしたケースを設定しているところ、その場合の地震モーメントは、 $5.59 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ となった（乙88，スライド87，乙182の1，添付書類六，6-5-38頁）。

この値は、上記（a）で述べた、FO-A～FO-B断層の2連動のみ、断層上端深さ4kmの場合の4倍を超える。

⁸¹ FO-A～FO-B～熊川断層については、断層面積が 494.2km^2 の場合（FO-A～FO-B断層の2連動で断層上端深さ4kmの場合）で $1.36 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ であった。また、上林川断層については、断層面積が 364km^2 の場合（断層長さ26kmで断層上端深さ4kmの場合）で $0.66 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m}$ であった。

c 短周期レベル (A)

(a) 基本ケース

続いて、上記 b の地震モーメントから短周期レベルを求めた。

短周期レベル (A) とは、震源特性のうち、短周期領域における加速度震源スペクトルのレベルを表す値をいう。震源は、様々な周期の揺れを発生させるが、このうち短い周期の揺れを発生させる能力の大きさを表したものと見える。

レシピでは、壇ほか (2001)⁸²で提案されている、地震モーメントと短周期レベル (A) との関係式 ($A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$) が示されている。

1 審被告は、この関係式を用いて地震モーメントから短周期レベルを求めた。上記 b の地震モーメントが保守的に大きな値となった結果、地震モーメントから求められる短周期レベルも大きな値となり、FO-A ~ FO-B ~ 熊川断層については $1.96 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m/s}$ 、上林川断層については $1.43 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m/s}$ となった (乙88, スライド80, 113等, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-37頁, 6-5-42頁等)。

(b) 不確かさの考慮

さらに、FO-A ~ FO-B ~ 熊川断層については、後記 (イ) c (b) で述べるとおり、不確かさを考慮し、断層傾斜角を 75° にしたケースも設定しているところ、この場合の短周期レベル (A) は、 $2.03 \times 10^{19} \text{N}\cdot\text{m/s}^2$ となった (乙88, スライド87, 乙182の1, 6-5-38頁)。

なお、新潟県中越沖地震の短周期レベルが平均的な短周期レベル

⁸² 壇一男ほか「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」日本建築学会構造系論文集第545号, 51~62頁

の1.5倍であったとの新たな知見⁸³については、このような現象がこれまで他の地震において一般的に見られたものではないこと、本件発電所敷地周辺では「標準的・平均的な姿」よりも大きくなる地域性が存する可能性を示すデータは特段得られていないことから、当該知見については、これを基本ケースとする必要はなく、別途不確かさとして考慮するのが適切であると判断し、短周期の地震動レベルを1.5倍とするケースも設定することとした⁸⁴（後記（ウ）の図表71及び72の「不確かさを考慮したケース」。乙182の1，添付書類六，6-5-34頁）。

加えて、後記4（2）エにおける不確かさの組合せに関する追加検討においては、破壊伝播速度を 0.87β に上げるとともに短周期の地震動レベルを1.25倍とするケースも設定することとした（乙88，スライド77～78，乙182の1，添付書類六，6-5-34頁）。

d アスペリティ面積（S a）

（a）基本ケース

続いて、上記cの短周期レベルからアスペリティ面積（S a）を求めた。

活断層に起因する地震に関する研究の進展により、大地震のときには、震源断層面の全ての部分が一樣に同じずれ幅・向きでずれる

⁸³ 新潟県中越沖地震時に、柏崎刈羽原子力発電所敷地において地震動の増幅が生じたのは、①同地震の震源特性の影響（同規模の地震と比べて1.5倍程度大きめの地震動を与える地震であったこと）、②深部地盤における不整形性の影響（同発電所敷地周辺地盤深部の堆積層の厚さと傾きの影響で地震動が2倍程度増幅したこと）、③古い褶曲構造による増幅（同発電所敷地の地下にある古い褶曲構造のために地震動が1～2倍程度増幅したこと）という3つの要因が重なったためであることが明らかにされている（1審被告準備書面（18）67頁，脚注116，乙26，乙27）。

⁸⁴ 前出の脚注83で述べた①ないし③の知見のうち、②及び③の要因については、柏崎刈羽原子力発電所敷地の地下構造特性によるものであり、本件発電所敷地においては同発電所と同様の地下構造による影響は認められず、これらを考慮する必要はない（1審被告準備書面（18）67頁，脚注116）。

のではなく、震源断層面上のすべり分布は不均質であり、大きくずれる部分もあればそうでない部分もあることが明らかにされている（乙75，852頁）。震源断層面において周囲よりも地震時のすべり量が大きく、強い揺れが生起される部分のことをアスペリティという。これに対し、震源断層面のうちアスペリティ以外の部分は、背景領域と呼ばれる。

レシピでは、壇ほか（2001）等で提案されている関係式により、上記cの短周期レベルからアスペリティ面積（ S_a ）を求める方法が示されている。

もともと、この方法では、断層が長大で面積が大きくなるほど、既往の調査・研究成果と比較してアスペリティ面積が過大評価となる傾向にあるとされている（甲422，10頁，(b)）。この点、アスペリティの総面積は断層総面積の20～30%に分布するとの知見が示されているところ（甲213，2-14頁），各検討用地震の断層のうちFO-A～FO-B～熊川断層については、関係式による算定の結果、アスペリティ面積比（震源断層全体に占めるアスペリティの面積）が30%を超えた。このため、1審被告は、中央防災会議での知見及びレシピに示されたSomerville et al. (1999)⁸⁵で提案されている知見により、アスペリティ面積比を22%として、震源断層面積からアスペリティ面積を求めた。また、上林川断層については、上記の短周期レベルから求める方法を用いた。

以上の結果、各検討用地震の断層に係るアスペリティの総面積は、FO-A～FO-B～熊川断層で209.22km²，上林川断層で158.31km²となった（乙88，スライド81，113等，乙182の1，添付書類六，6-5-

⁸⁵ Somerville, P. ほか「Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion」Seismological Research Letters, 70, 59-80頁

33頁, 6-5-37頁, 6-5-42頁等)。

(b) 不確かさの考慮

また, FO-A~FO-B~熊川断層については, 後記(イ) c (b) で述べるとおり, 不確かさを考慮して, 断層傾斜角を75°にしたケースも設定しているところ, 断層面を90°から75°に傾斜させると, 断層の幅が広くなることから震源断層面積も広くなり(上記 a (b) の図表66を参照), それに伴ってアスペリティ面積も広くなる。この場合のアスペリティの総面積は, 220.63km²となった。

(以上 d について, 乙88, スライド88等, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-38頁)

e 震源断層全体の応力降下量 ($\Delta\sigma$)

地震は, 地下の岩盤が震源断層面を境としてずれる(破壊する)ことにより発生する。すなわち, プレート同士が押し合うことが原因で年月とともに岩盤の内部にひずみが蓄積していき, 震源断層面にかかるせん断応力(物体内でずれを生じさせる力)が増大していくが, せん断応力が限界に達したときに震源断層面上でずれ(破壊)が起こり, エネルギーを放出してひずみが解放されるとともにせん断応力も低下する。応力降下量とは, この地震発生直前と直後のせん断応力の差のことをいい, 単位面積当たりの力として規定される数値(単位はMPa(メガパスカル))である(1審被告準備書面(18)64頁, 脚注109を参照)。

レシピ⁸⁶では, Eshelby (1957)⁸⁶等で提案されている, 震源断層面積

⁸⁶ Eshelby, J.D. 「The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems」, Proceedings of the Royal Society, A241, 376-396頁

(S) 及び地震モーメント (M_0) から震源断層全体の応力降下量 ($\Delta\sigma$) を求める方法が示されている ($\Delta\sigma = (7\pi^{1.5}/16)(M_0/S^{1.5})$)⁸⁷ (方法①)。

ただし、内陸の長大な横ずれ断層に係る震源断層全体の応力降下量については、Fujii&Matsu'ura (2000)⁸⁸において、収集した観測データに基づく回帰計算により $\Delta\sigma = 3.1\text{MPa}$ が提案されており、レシピでは、長大な断層についてこの知見を用いることが示されている (甲422, 12頁, (d)) (方法②)。

以上を踏まえ、1審被告は、FO-A~FO-B~熊川断層については、上記d(a)で述べた検討を踏まえ、上記の方法②により、震源断層全体の応力降下量を3.1MPaとした。また、上林川断層については、上記の方法①により、3.3MPaとした。

(以上eについて、乙88, スライド80, 113等, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-33頁, 6-5-37頁, 6-5-42頁等)

f アスペリティの応力降下量 ($\Delta\sigma_a$)

震源断層面上に蓄積されるひずみは、震源断層面全体に一様に蓄積されているわけではなく、固着の強いアスペリティ部分では大きなひずみが蓄積される一方で、それ以外の背景領域ではあまり蓄積されない。このため、アスペリティ部分の応力降下量 ($\Delta\sigma_a$) は、震源断層面全体で平均した単位面積当たりの応力降下量 (平均応力降下量: $\Delta\sigma$) よりも大きな値となる。

⁸⁷ 本文記載の方法は、震源断層面を円形のもの (円形破壊面) と仮定し、等価半径 (震源断層面積 S と等価になる円の半径) R を求めた上で、等価半径及び地震モーメントと震源断層全体の応力降下量との関係式 (甲422, 12頁, (22-2)式「 $\Delta\sigma = (7/16) M_0/R^3$ 」) により求めるというものである。円の面積の公式 ($S = \pi R^2$) を R が左辺の式にした上で、上記(22-2)式に代入すると、本文記載の式となる。

⁸⁸ Fujii, Y. and M. Matsu'ura 「Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication」, Pure and Applied Geophysics, 157, 2283-2302頁

レシピでは、Madariaga (1979)⁸⁹で提案されている、震源断層面積 (S) に占めるアスペリティ面積 (S_a) の割合 (アスペリティ面積比。S_a/S) と、上記 e の震源断層全体の応力降下量 (Δσ) から、アスペリティの応力降下量 (Δσ_a) を求める関係式が示されている (Δσ_a = (S/S_a) × Δσ) (甲422, 11頁, (21-1)式)。⁹⁰

1 審被告は、この方法により、アスペリティ面積比と震源断層全体の応力降下量からアスペリティの応力降下量を求めた (乙88, スライド81, 113等, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-33頁, 6-5-37頁, 6-5-42頁等)。

なお、アスペリティが複数ある場合の各アスペリティの応力降下量は、レシピにおいて、「アスペリティが複数ある場合には、特にその震源域の詳しい情報がない限り、各アスペリティの応力降下量はアスペリティ全体の応力降下量に一致し、すべて等しいと仮定する」(甲422, 12頁, (d)) とされていることを踏まえ、各アスペリティとも同じ値に設定した (例えば、乙88号証のスライド81 (FO-A~FO-B~熊川断層による地震の基本ケースのパラメータ設定) において、アスペリティの応力降下量 (Δσ_a) は、「FO-A~FO-B断層」内の「大アスペリティ」、「小アスペリティ」と、「熊川断層」のアスペリティは、いずれも14.1MPaで同じ値とした)。

⁸⁹ Madariaga, R. 「On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity」, Journal of Geophysical Research, 84, 2243-2250頁

⁹⁰ なお、アスペリティの応力降下量については、震源断層全体の応力降下量の場合 (上記 e の方法 ①) と同様に、アスペリティを円形のものとして仮定し、アスペリティの等価半径 r を甲422号証10頁の (13)式から求めた上で、アスペリティの等価半径 r, 震源断層面の等価半径 R, 地震モーメントと、アスペリティの応力降下量との関係式 (甲422, 11頁, (21-2)式) 「Δσ_a = (7/16) (M₀ / (r² · R))」から求める方法が提案されている。そして、この (21-2)式については、「(21-1)式と等価な式」(甲422, 11頁) とされている。つまり、アスペリティの応力降下量の設定は、上記の (21-2)式による方法でも、本文記載の方法でも、同じ計算をしたことになるということである。

g 破壊伝播速度 (V_r)

(a) 基本ケース

破壊伝播速度 (V_r) は、断層の破壊開始点から始まったずれ (破壊) が震源断層面上を広がっていく速さのことをいう。既往の研究において、標準的には地震発生層における S 波速度 β の 0.72 倍 (0.72β) とされており、本件発電所の地震動評価においても 0.72β としている (後記 (ウ) の図表 7 1 及び 7 2 の「基本ケース」。乙 88, スライド 69, 80, 113 等, 乙 182 の 1, 添付書類六, 6-5-33 頁, 6-5-37 頁, 6-5-42 頁)。

(b) 不確かさの考慮

破壊伝播速度が大きくなると、断層の破壊が震源断層面上でより速く広がるため、より短い時間に多くの地震波が敷地に到達することとなり、敷地での地震動も一般的には大きくなる。そこで、1 審被告は、破壊伝播速度の不確かさも考慮することとし、既往の研究による、過去の地震における破壊伝播速度の不確かさも考慮して、 β の 0.87 倍 (0.87β) としたケースを設定した (後記 (ウ) の図表 7 1 及び 7 2 の「不確かさを考慮したケース」。乙 88, スライド 84, 114, 乙 182 の 1, 添付書類六, 6-5-34 頁, 6-5-40 頁, 6-5-43 頁)。

h すべり量 (D)

すべり量 (「ずれ (の) 量」, 「食い違い (の) 量」ともいう) とは、文字どおり、想定される 1 回の地震における震源断層のずれの大きさを表すパラメータであり、その値は、震源断層面の移動距離 (単位は cm) で示される。すべり量は、地震モーメント (M_0)、震源断層面積 (S)、剛性率 (μ) (変形のしにくさを表し、地盤の密度と S 波速度

から求められる)と相関関係があり、 $D=M_0/(\mu \cdot S)$ の関係式(なお、この関係式は物理量に関する理論式であり、地震の観測記録等から導かれる経験式ではない)で示される。

1 審被告は、上記 a 及び b で求めた震源断層面積及び地震モーメントと、剛性率(本件発電所敷地周辺の地下構造調査により得られた地盤の密度及び S 波速度から求めた)から、上記関係式により、すべり量を求めた。例えば、FO-A~FO-B~熊川断層のすべり量は、151.2cmとなった(断層傾斜角を75°にしたケースのみ、159.4cmとなった)。(乙88、スライド80、87、113等、乙182の1、添付書類六、6-5-37頁、6-5-38頁、6-5-42頁等)

(イ) その他のパラメータ設定

1 審被告は、上記(ア)のとおり、パラメータ間の関係式に基づいて震源断層パラメータを設定したほか、以下に挙げる震源断層パラメータも設定した。

a アスペリティの配置

(a) 基本ケース

上記2(2)エ(イ)bで述べたとおり、震源断層面において周囲よりもすべり量が大きく、強い揺れが生起される部分(アスペリティ)の配置については、断層面の中央付近に設定することが基本とされている。

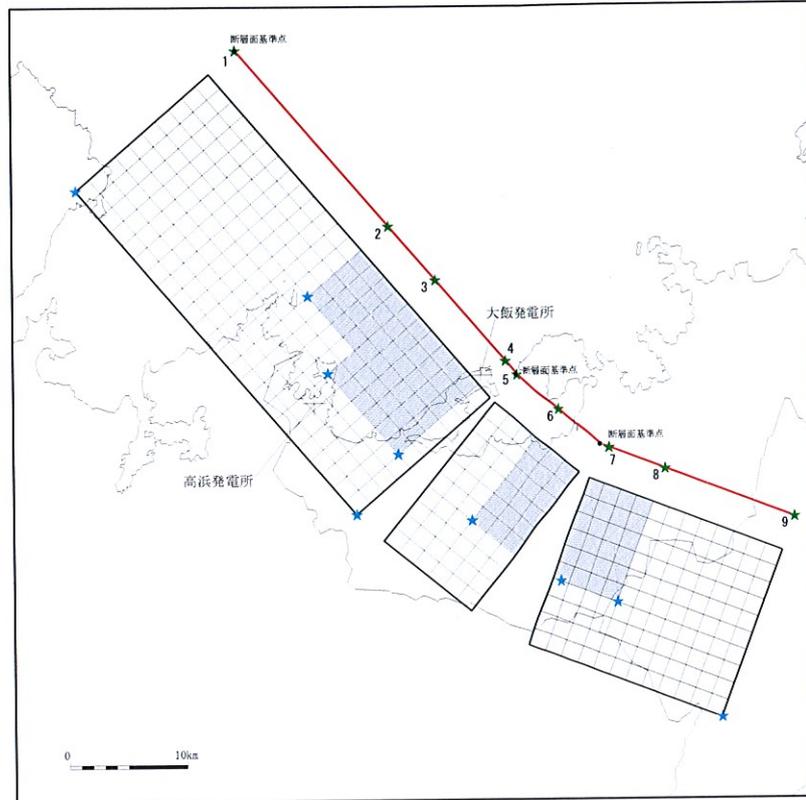
しかしながら、1 審被告は、FO-A~FO-B~熊川断層及び上林川断層のいずれについても、詳細な調査に基づいてその位置を把握し、断層の長さ(上端深さ及び下端深さ)を保守的に評価した上で、アスペリティ位置を地震の発生前に正確に特定するのは

困難であることを踏まえ、保守的な観点から、断層面のうち本件発電所敷地に近い位置で、かつ断層面上端にアスペリティを配置することで、より大きな地震動を想定することとした。

特に、本件発電所敷地に近いFO-A～FO-B～熊川断層については、FO-A～FO-B断層と熊川断層の間の断層の存在が確認されていない区間（約15km）についてもアスペリティを設定することとし、本件発電所敷地に最も近い位置⁹¹にアスペリティを配置した。

（図表67及び68。これを後記（ウ）の図表71及び72の「基本ケース」として設定した。乙88，スライド79，86，112，乙182の1，添付書類六，6-5-33頁，6-5-73頁，6-5-74頁，6-5-77頁）

⁹¹ 小浜湾における極めて詳細な調査（上記第1の2（3）ウを参照）により、断層の存在が明確に否定できる区間を除いた区間の中で、本件発電所敷地に最も近い位置である。

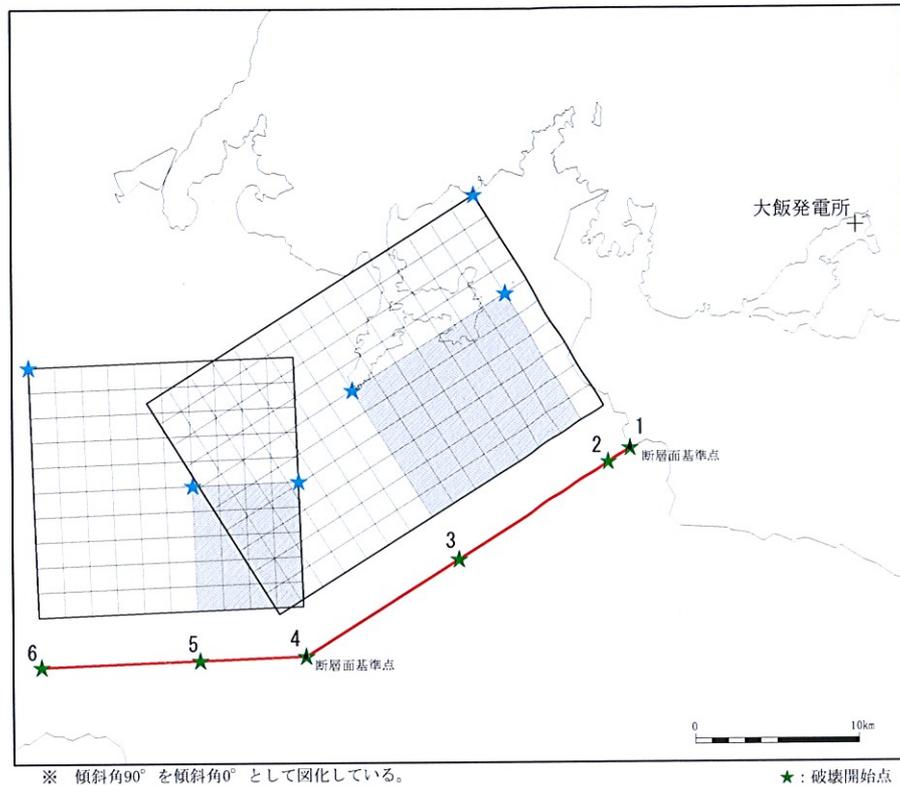


※ 傾斜角90°の断層面は、傾斜角0°として図化している。

★：破壊開始点

i) 断層配置図

【図表 6 7 F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層のモデル図 (基本ケース)】



i) 断層配置図

【図表 6 8 上林川断層のモデル図（基本ケース）】

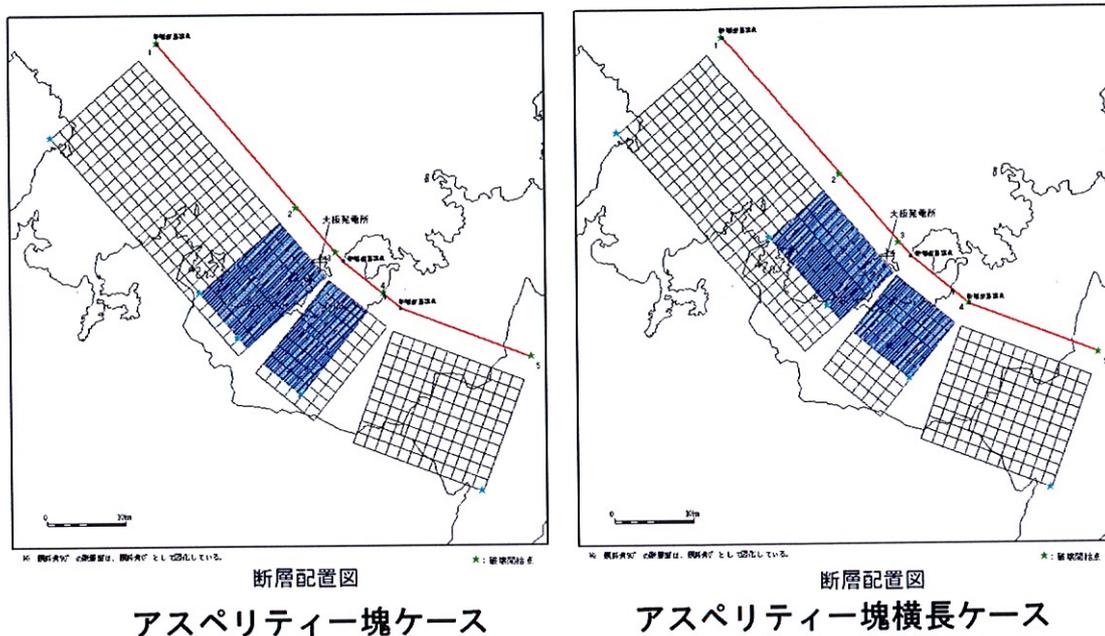
(b) 不確かさの考慮

上記 (a) における, FO-A~FO-B~熊川断層のアスペリティの配置は, 以下で述べる点に照らしても, FO-A~FO-B断層と熊川断層が連動するとした場合に最も地震動が大きくなる配置であると考えられる。

まず, アスペリティは震源断層の中ですべり量が大きい部分であることを踏まえると, 震源として考慮する活断層のうちFO-A~FO-B~熊川断層については, 詳細な調査から断層を示す地質構造が確認されなかったFO-A~FO-B断層と熊川断層の間にアスペリティが位置することは考えられない (この点, レシピでは, アスペリティの位置に関して, 震源断層の浅部の変位量分布

と起震断層（アスペリティ）の変位量分布がよく対応することが明らかにされていると示されている。甲422, 9頁, (a))。また, 一方の断層のアスペリティが, 断層を示す地質構造が確認されなかった区間をまたいでもう一方の断層のアスペリティに寄せ集まって1箇所に固まって存在することも想定し難い。したがって, 地震動評価における基本ケースとしては, そのような制約の中で(想定し難い前提を排除した中で), 地震動が大きくなるように本件発電所敷地に最も近い位置にアスペリティを寄せた配置とした(これを後記(ウ)の図表71の「基本ケース」として設定した。)

しかしながら, 原子力規制委員会の議論も踏まえ, また十分に保守的な評価という観点から, 念のため, 現実には起こるとは想定し難いような配置も検討することとし, 基本ケースを超えて, 更に不確かさを考慮するケースとして, FO-A~FO-B断層と熊川断層の間の区間をまたいでアスペリティを一塊に寄せ集め, 正方形又は長方形にして本件発電所敷地近傍に配置するケースを設定することとした(図表69。これを後記(ウ)の図表71の「不確かさを考慮したケース」として設定した。乙88, スライド89, 91, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-34頁, 6-5-75~6-5-76頁)。



【図表 6 9 F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層のモデル図

(アスペリティー塊ケース・アスペリティー塊横長ケース)】

b 破壊開始点

震源断層面の破壊については、一度に全ての領域が破壊されるのではなく、ある点から時間の経過とともに、次第に破壊が断層面上を広がっていく。破壊開始点とは、この一連の破壊が始まる位置のことをいう。

破壊開始点については、地震の発生前に位置を予測することが難しいとされており、また、地震動の評価地点（発電所敷地）から見て、遠い方から近い方に破壊が進行していく場合に評価地点での地震動が大きくなるとされている。

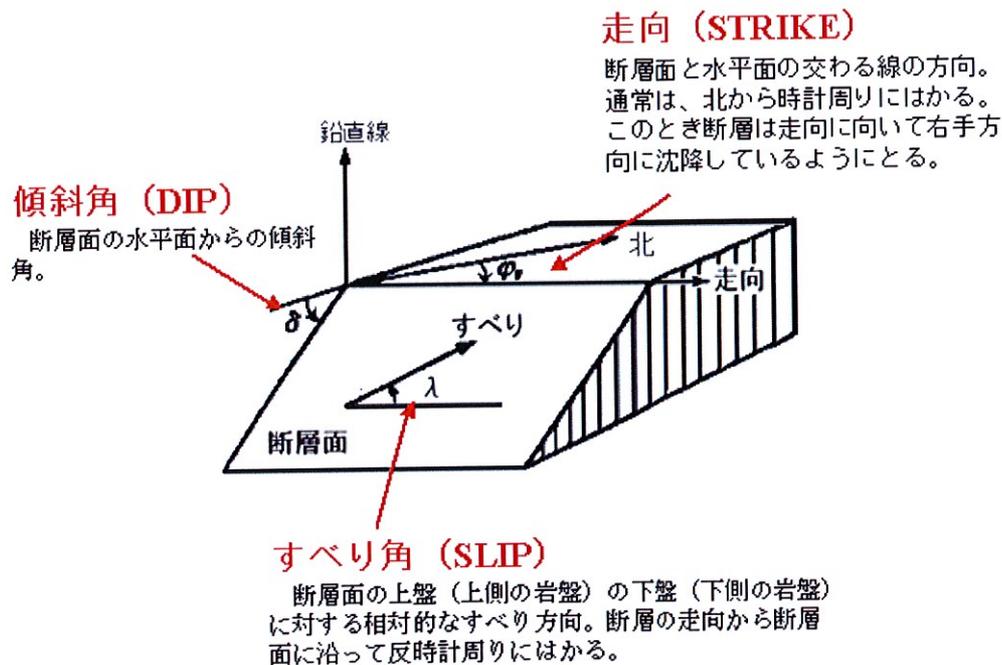
そこで、1 審被告は、破壊開始点を、断層の端やアスペリティーの端といった本件発電所敷地から遠い位置に置くなど、複数の位置（F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層について5箇所ないし9箇所、上林川断層について6箇所）に設定した（乙88，スライド79，112等，乙182の1，添

付書類六， 6-5-33頁， 6-5-73頁， 6-5-77頁等）。

c 断層傾斜角及びすべり角

(a) 基本ケース

断層傾斜角とは，震源断層面と水平面とのなす角度の小さい方をいう。また，すべり角とは，震源断層の上盤側の，下盤側に対する相対的なずれの方向をいう（断層の走向から断層面に沿って反時計回りの角度で示す）。（図表70）



【図表70 断層の模式図（断層傾斜角，すべり角等）】

前述のとおり，FO-A～FO-B～熊川断層及び上林川断層は，詳細な地質調査の結果，いずれも断層傾斜角は鉛直（水平面から90°下向き）としており（前記第1の3（2）イ（イ）b），すべり角（断層のずれの方向）は水平（FO-A～FO-B～熊川断層は0°，上林川断層は180°）としている（後記（ウ）の図表71及び

72の「基本ケース」。乙88，スライド80，113等，乙182の1，添付書類六，6-5-33頁，6-5-37頁，6-5-42頁等）。

(b) 不確かさの考慮

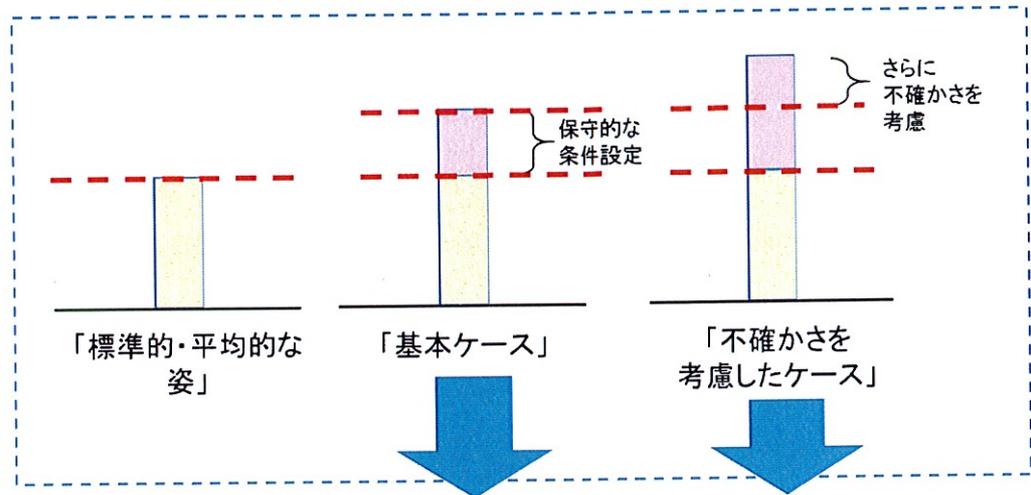
もともと、断層傾斜角は鉛直から多少傾斜する可能性があり、また、すべり角（断層のずれの方向）についても断層面の傾きや広域応力場の向きによって水平から多少傾斜する可能性が考えられ、特に震源断層が発電所敷地に近い場合には、これらの不確かさが発電所敷地での地震動に影響する可能性がある。

このことから、1審被告は、検討用地震に係る断層のうち本件発電所敷地に近く長大なFO-A～FO-B～熊川断層の断層傾斜角とすべり角について、合理的な不確かさを想定することとした。具体的には、FO-A～FO-B～熊川断層について、断層傾斜角を水平面から75°下向き（上記2（2）ウ（イ）と同様）にしたケース、すべり角を30°上向きにしたケースを設定した（後記（ウ）の図表71の「不確かさを考慮したケース」。乙88，スライド82，87，乙182の1，添付書類六，6-5-34頁，6-5-38頁，6-5-39頁）。

(ウ) パラメータ設定のまとめ

1審被告は、上記（ア）及び（イ）のとおり、震源断層パラメータを設定した。

図表71及び72は、主な震源断層パラメータの設定をまとめたものである（1審被告準備書面（33）81～82頁の図表41及び42，乙88，スライド70も参照。なお、図表71の上部に記載の「標準的・平均的な姿」，「基本ケース」，「不確かさを考慮したケース」のグラフについては、後記4（2）ア（ウ）で説明する）。



断層パラメータ	標準的・平均的な姿	基本ケース	不確かさを考慮したケース
断層の長さ	35.3km(2連動を考慮)	63.4km(3連動を考慮)	
断層の幅 (地震発生層)	14km(上端深さ:4km, 下端深さ:18km)	15km(上端深さ:3km, 下端深さ:18km)	
短周期の 地震動レベル	レシピ平均	レシピ平均	新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、レシピ平均×1.5倍 (不確かさ組合せの追加検討で、レシピ平均×1.25倍)
断層傾斜角	調査結果に基づき、90°	調査結果に基づき、90°	横ずれ断層であるが、縦ずれ成分もあることを考慮し、また、周辺の断層も参照して、75°
すべり角	調査結果に基づき、0°	調査結果に基づき、0°	横ずれ断層であるが、縦ずれ成分もあることを考慮し、また、周辺の断層も参照して、30°
破壊伝播速度	レシピに基づき、 0.72β (β :地震発生層のS波速度)	レシピに基づき、 0.72β	既往の知見を参考に、アスペリティ領域の平均的な破壊伝播速度に標準偏差 1σ を考慮して、 0.87β
アスペリティ配置	敷地近傍に配置 (レシピでは、断層面の中央付近に配置するのが基本)	敷地近傍に配置	・敷地近傍に正方形に一塊にして配置 ・敷地近傍に長方形に一塊にして配置
破壊開始点	断層面およびアスペリティの下端に複数設定(6箇所)	断層面およびアスペリティの下端に複数設定(5~9箇所)	

【図表 7 1 断層モデルを用いた手法による地震動評価における

震源断層パラメータの設定 (FO-A~FO-B~熊川断層による地震)】

断層パラメータ	標準的・平均的な姿	基本ケース	不確かさを考慮したケース
断層の長さ	26km(文献等に記載)	39.5km(断層の存在を確実に否定できるところまで大幅に延長)	
断層の幅 (地震発生層)	14km(上端深さ:4km, 下端深さ:18km)	15km (上端深さ:3km, 下端深さ:18km)	
短周期の 地震動レベル	レシピ平均	レシピ平均	新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、レシピ平均×1.5倍
断層傾斜角	調査結果に基づき、90°	調査結果に基づき、90°	
すべり角	調査結果に基づき、180°	調査結果に基づき、180°	
破壊伝播速度	レシピに基づき、 0.72β (β :地震発生層のS波速度)	レシピに基づき、 0.72β	既往の知見を参考に、アスペリティ領域の平均的な破壊伝播速度に標準偏差 1σ を考慮して、 0.87β
アスペリティ配置	敷地近傍に配置 (レシピでは、断層面の中央付近に配置するのが基本)	敷地近傍に配置	
破壊開始点	断層面及びアスペリティの下端に複数設定(6箇所)	断層面及びアスペリティの下端に複数設定(6箇所)	

【図表 7 2 断層モデルを用いた手法による地震動評価における

震源断層パラメータの設定 (上林川断層による地震)】

エ 地震波の伝播特性、地盤の増幅特性 (サイト特性) の評価

1 審被告は、統計的グリーン関数法等を用いて地震動計算をするにあたって、地震波の伝播特性、地盤の増幅特性 (サイト特性) を適切に評価した。

具体的には、まず、地震波の伝播特性には幾何減衰と内部減衰があり、幾何減衰が大きな部分を占める。1 審被告は、幾何減衰について、詳細な調査により評価した震源断層の位置に基づき敷地との距離から評価するとともに、内部減衰について、既往の文献をもとにQ値を $50f^{1.1}$ と設定した。

また、地盤の増幅特性 (サイト特性) については、詳細な調査結果から、本件発電所敷地及び敷地周辺の地盤の速度構造を精度良く把握するとともに、局所的に地震波の集中をもたらすような特異な構造が見られないことを確認した。

(前記第1の3 (2) ウ及びエ。1 審被告準備書面 (3 3) 82頁)

オ 地震動評価

(ア) 以上のとおり、震源断層をモデル化し（上記ウ）、地震波の伝播特性と地盤の増幅特性（サイト特性）を設定した上で（上記エ）、これらをもとに、1審被告は、統計的グリーン関数法等を用いて「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を行った。

震源断層パラメータについて様々な不確かさを考慮することとした結果、本件発電所敷地に近いF O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震については、図表7 3のとおり、64ものケースを設定して保守的に評価した。また、上林川断層による地震についても、図表7 4のとおり、18のケースを設定して評価した。

（1審被告準備書面（3 3）83～84頁の図表4 3及び4 4，同（1 8）73頁の図表3 1，93頁の図表4 3及び95頁の図表4 4，乙88，スライド78，111，乙182の1，添付書類六，6-5-36頁）

考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	破壊伝播速度 V_r	アスペリティ配置	破壊開始点
基本ケース	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
短周期の地震動レベル	レスピ平均 ×1.5倍	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
断層傾斜角	レスピ平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
すべり角	レスピ平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
破壊伝播速度 V_r	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
アスペリティ配置	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所
	レスピ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所
短周期の地震動レベル及び破壊伝播速度 V_r の不確かさの組合せを考慮	レスピ平均 ×1.25倍	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所

※黄色部分は、不確かさを独立して考慮したパラメータであり、青色部分は、不確かさを重畳して考慮したパラメータである。図表74も同じ。

(乙88, スライド78に一部加筆)

【図表73 FO-A～FO-B～熊川断層による地震の地震動評価ケース】

考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	破壊伝播速度 V_r	アスペリティ配置	破壊開始点
基本ケース	レスピ平均	$V_r=0.72\beta$	敷地近傍に配置	6箇所
短周期の地震動レベル	レスピ平均 ×1.5倍	$V_r=0.72\beta$	敷地近傍に配置	6箇所
破壊伝播速度 V_r	レスピ平均	$V_r=0.87\beta$	敷地近傍に配置	6箇所

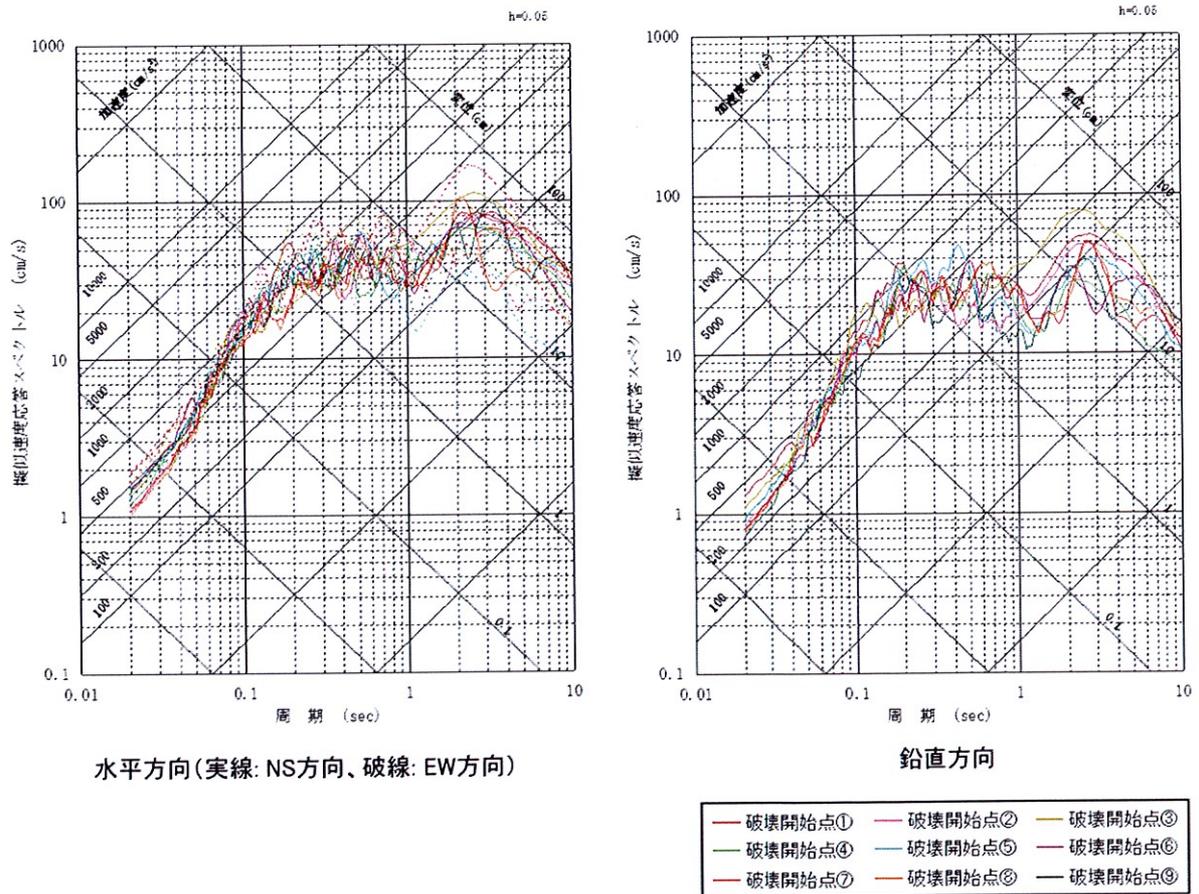
(乙88, スライド111に一部加筆)

【図表74 上林川断層による地震の地震動評価ケース】

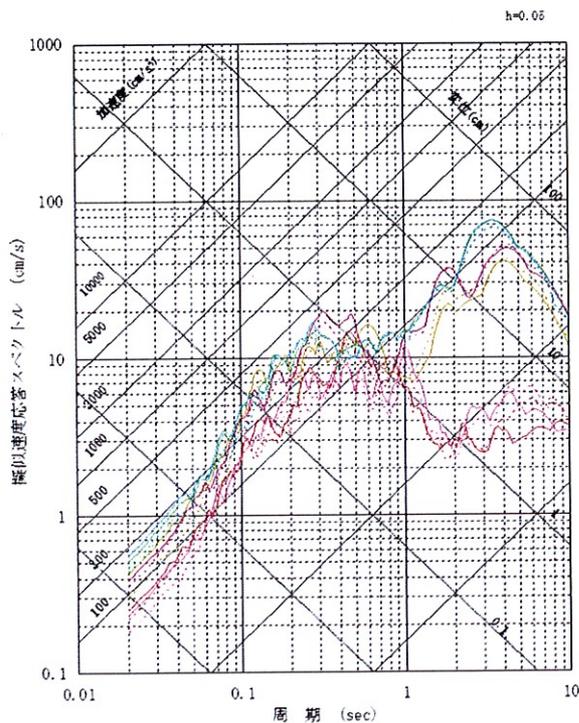
(イ) 以上の設定をもとにした地震動評価の結果(応答スペクトル)は、図表75(FO-A～FO-B～熊川断層による地震)及び図表76(上

林川断層による地震) のとおりである (1 審被告準備書面 (3 3) 85~86頁の図表 4 5 及び 4 6, 同 (1 8) 72頁の図表 3 0 及び 75頁の図表 3 3。いずれも基本ケース。また, 基本ケースを含む全ケースの結果について, 乙 88, スライド 94, 116等, 乙 182の 1, 添付書類六, 6-5-84~6-5-116頁)。

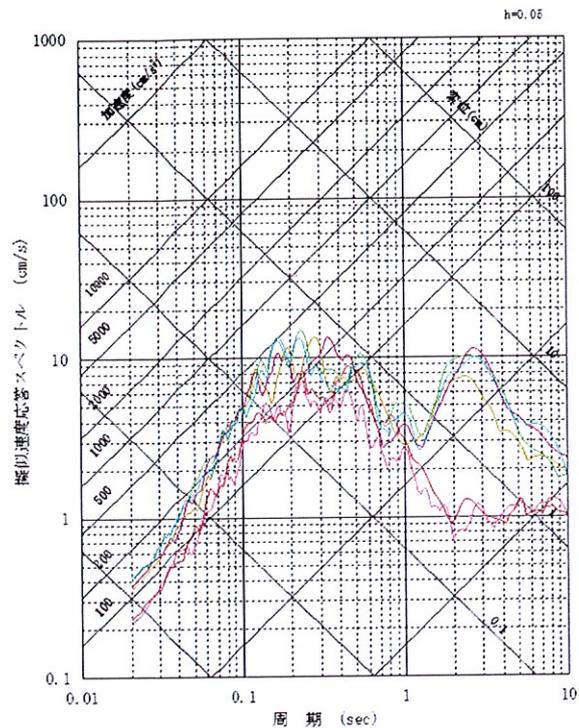
以上の評価結果を基に策定した基準地震動については, 後記第 4 の 1 (2) で述べる。



【図表 7 5 F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震 (基本ケース) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果】



水平方向(実線: NS方向、破線: EW方向)



鉛直方向



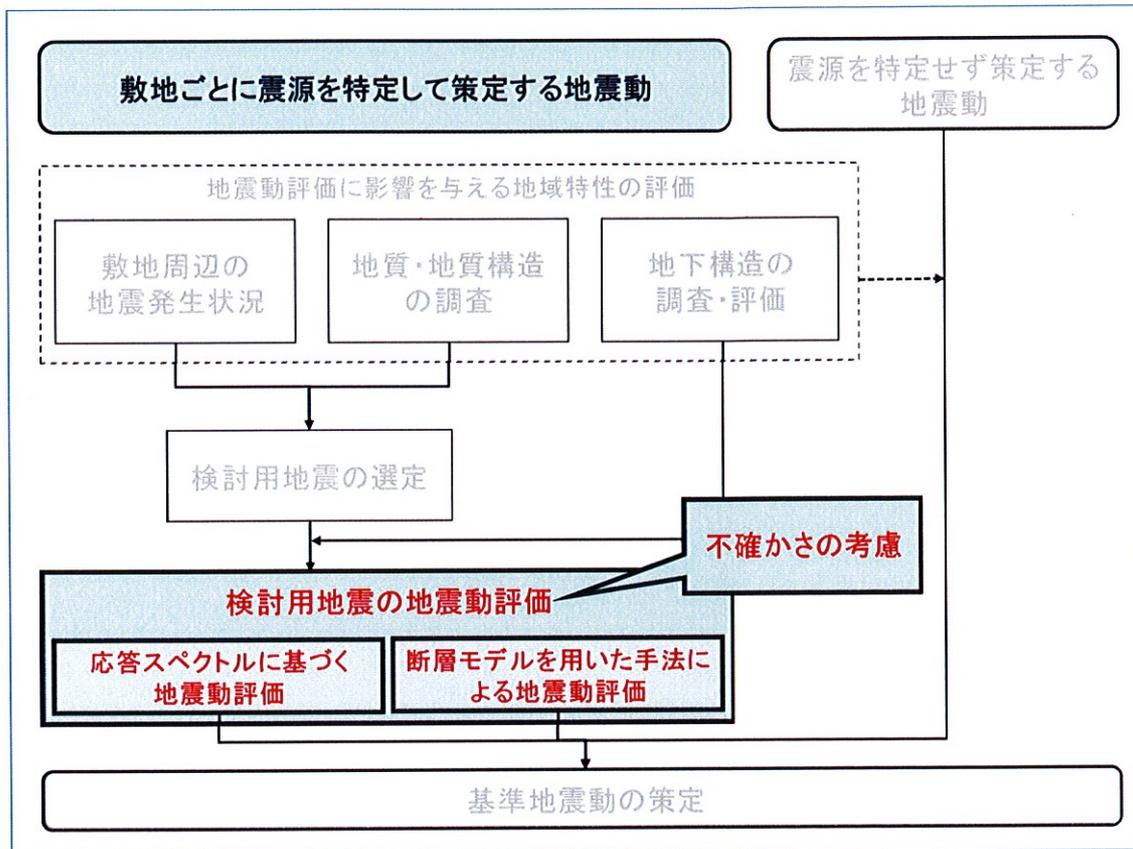
【図表 7 6 上林川断層による地震（基本ケース）の

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果】

(3) 原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会は、1 審被告が行った本件発電所の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価（上記 2 の「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び本項の「断層モデルを用いた手法による地震動評価」）について、検討用地震として選定した F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震及び上林川断層による地震に係る評価が、設置許可基準規則解釈別記 2 に適合していることを確認したとしている（乙 235、16~18 頁）。

4 不確かさの考慮に関する補足説明



上記 2 及び 3 で述べたとおり、各検討用地震に係る「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」において、1 審被告は、十分に不確かさを考慮して保守的に評価を行っている。

本項では、両評価での不確かさの考慮について、改めて具体的に説明する。

(1) 設置許可基準規則等

設置許可基準規則解釈は、「基準地震動の策定過程に伴う各種の不確かさ（震源断層の長さ、地震発生層の上端深さ・下端深さ、断層傾斜角、アスペリティの位置・大きさ、応力降下量、破壊開始点等の不確かさ、並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさ）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」を求めている（同規則解釈別記2第4条5項2号⑤，乙65，128頁）。

これを受けて，地震ガイドは，不確かさの考慮について，「アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要であり，震源モデルの不確かさとして適切に評価されていること」，「震源特性（震源モデル），伝播特性（地殻・上部マントル構造），サイト特性（深部・浅部地下構造）における各種の不確かさが含まれるため，これらの不確かさ要因を偶然的不確かさと認識論的不確かさに分類して，分析が適切になされていること」等を確認している（I3.3.3(2)，甲47，6～7頁）。

（2）本件発電所の地震動評価における不確かさの考慮

ア 不確かさの考慮の基本的な考え方

（ア）1 審被告は，基準地震動の策定にあたって，地震の「標準的・平均的な姿」の分析結果から構築された，信頼性のある関係式や手法を用いているところ，地震等の自然現象にばらつきがあることから，これを本件発電所敷地で適用するにあたっては，詳細な調査結果を踏まえ，敷地周辺の地域性を把握し，起こりうる不確かさを考慮した上で，十分に保守的な条件設定により基準地震動を策定しており，これにより自然現象のばらつきに対応している（1 審被告準備書面（33）87～88頁，同（18）137～145頁）。

（イ）1 審被告は，上記の設置許可基準規則等における要求事項を踏まえ，応答スペクトルに基づく地震動評価で用いた耐専式及び各種の距離減衰式と，断層モデルを用いた手法による地震動評価で参照したレシピにおける，地震動評価に大きな影響を与え得るパラメータについて不確かさ

を考慮し、それぞれ評価を行った⁹²。

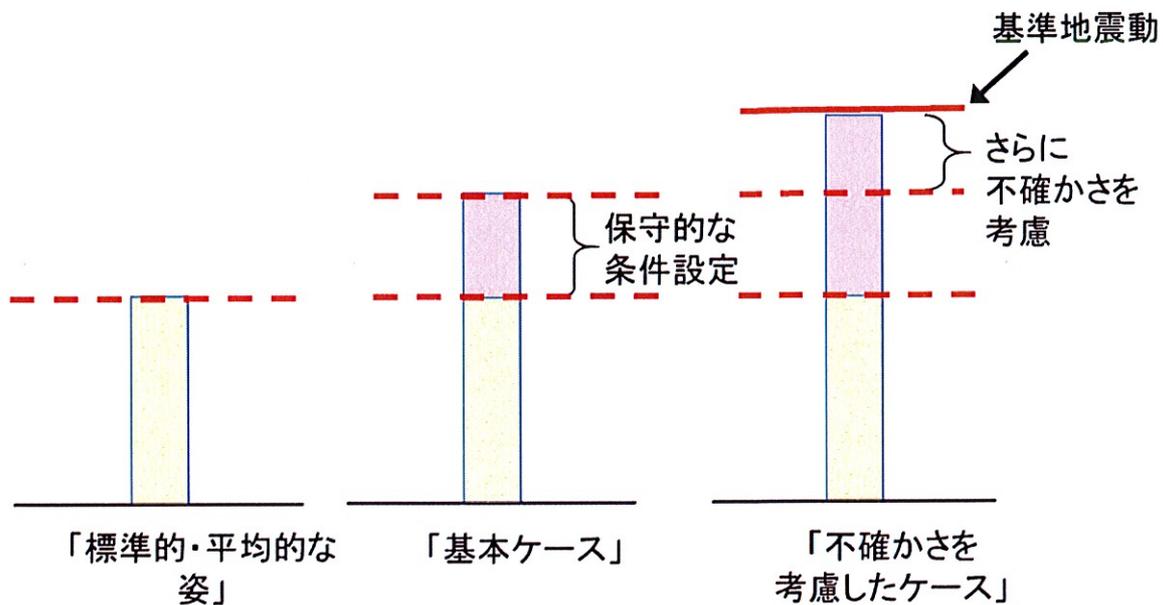
すなわち、応答スペクトルに基づく地震動評価では、地震規模と震源からの距離（等価震源距離等）を用いて地震動評価を行うところ、地震規模の設定（松田式）に影響する断層の長さ（①）、震源からの距離に影響する地震発生層（震源断層面）の上端深さ（②）、アスペリティの位置（③）、断層傾斜角（④）が、地震動評価に大きな影響を与え得るため、これらについて不確かさを考慮した評価を行った（下記イ）。

また、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、地震モーメント（⑤）の設定に影響する断層の長さ、地震発生層の上端・下端深さ（断層の幅）、断層傾斜角（傾斜により断層の幅が広がる）や、応力降下量（⑥）、短周期の地震動レベル（⑦）、アスペリティの位置、破壊開始点の位置（⑧）、すべり角（⑨）、破壊伝播速度（⑩）等が、地震動評価に大きな影響を与えるため、これらについて不確かさを考慮した評価を行った（下記ウ）。

(ウ) なお、1審被告は、基準地震動の策定にあたって、「基本ケース」を設定した上で、「不確かさを考慮したケース」も設定して地震動評価を行っている。

これらは、地震動評価において設定すべき各種パラメータについて、そもそも詳細な調査に基づき、不確かさを考慮して保守的な条件で基本ケースを設定しているところ、それらのパラメータについて、(場合によっては科学的・専門技術的知見から合理的に考慮できる範囲を超えて) さらに不確かさを考慮して設定したものを「不確かさを考慮したケース」と呼び、これとの区別のため、前者を便宜上「基本ケース」と呼んでいる(図表77。1審被告準備書面(33)88~89頁)。

⁹² なお、不確かさを考慮するパラメータは、本件発電所敷地の地震動評価に与える影響の大きさから選択しており、FO-A~FO-B~熊川断層と上林川断層とでは、考慮したパラメータは全く同じということではない。



「基本ケース」の設定の段階から、保守的な条件設定を行い、すでに不確かさを十分に考慮している。
 「不確かさを考慮したケース」は、不確かさをさらに考慮したもの。

【図表 7 7 「基本ケース」と「不確かさを考慮したケース」】

イ 応答スペクトルに基づく地震動評価における不確かさの考慮

(ア) 基本ケースの保守性

応答スペクトルに基づく地震動評価においては、まず、断層の長さ (①) について、それに基づいて設定される地震の規模がより大きくなるよう、詳細な調査に基づき、より長く評価した。また、震源から敷地までの距離がより短い (近い) 設定となるよう、地震発生層の上端深さ (②) について、詳細な調査に基づき、より浅く評価するとともに、アスペリティの位置 (③) については、詳細な調査によってもその位置を事前に特定することはできないことから、本件発電所敷地により近い位置に設定した。(いわゆる「基本ケース」)

(イ) 不確かさを考慮したケース

以上のような条件設定により、本件発電所の「応答スペクトルに基づく地震動評価」による地震動は、すでに保守的で大きなものとなっているが、1審被告は、更に不確かさを考慮した条件設定も行った（いわゆる「不確かさを考慮したケース」）。

すなわち、震源として考慮する活断層のうちFO-A～FO-B～熊川断層については、震源から敷地までの距離の設定に影響する断層傾斜角(④)について、詳細な調査と既往の知見から鉛直(90°)と評価していたものを、発電所敷地に近づくよう、あえて75°に傾斜させるケースを設定した。

(以上イについて、上記2(2)、1審被告準備書面(33)89～90頁、同(18)59～62頁、90～91頁。乙54、14頁、乙182の1、添付書類六、6-5-35頁)

ウ 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮

(ア) 基本ケースの保守性

断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、まず、断層の長さ(①)、地震発生層の上端深さ(②)・下端深さ(断層の幅)については、各種の詳細な調査に基づき、保守的に評価して、震源断層をより広く、また本件発電所敷地により近い位置になるように設定した。一方、地震モーメント(⑤)、応力降下量(⑥)、短周期の地震動レベル(⑦)等については、各関係式や手法により算定した値を用いているところ、上記のとおり、断層の長さや幅を保守的に設定したことで震源断層の面積は大きくなり、断層の面積に基づいて算定される地震モーメント、応力降下量、短周期の地震動レベル等も、これに合わせて保守的な値となっている。また、アスペリティの位置(③)、破壊開始点の位置(⑧)に

については、詳細な調査によってもその位置を事前に把握することは困難であるため、アスペリティを発電所敷地により近い位置に設定するとともに、破壊開始点については、発電所敷地に地震波が短い時間でより多く重なり合うように、震源断層面又はアスペリティの下端に複数配置することとした。(いわゆる「基本ケース」)

(イ) 不確かさを考慮したケース

以上のような条件設定により、本件発電所の「断層モデルを用いた手法による地震動評価」による地震動は、すでに保守的で大きなものとなっているところ、1審被告は、更に不確かさを考慮した条件設定も行った(いわゆる「不確かさを考慮したケース」)。

すなわち、短周期の地震動レベル(⑦)について、新潟県中越沖地震で得られた知見を踏まえ、1.5倍とする、断層傾斜角(④)について、詳細な調査と既往の知見から鉛直(90°)と評価していたものを、あえて75°に傾斜させることで、震源断層を更に広く、かつ、本件発電所敷地に更に近い位置になるようにする、アスペリティの位置(③)について、現実に起こるとは想定し難いような配置として、アスペリティを一塊に集めるケースを設定するなどした。

その上で、1審被告は、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」において大きな影響を与え得るパラメータのうち、断層傾斜角(④)、短周期の地震動レベル(⑦)、すべり角(⑨)、破壊伝播速度(⑩)については、それぞれ独立して不確かさを考慮することとした。すなわち、それらのパラメータは、その性質上、事前の詳細な調査や、地震に関する過去のデータによる経験則等から地震発生前におおよそ把握できるもの(認識論的な不確かさ)であるが、上記のとおり、各パラメータについて相当な保守性を持たせた値、場合によっては科学的・専門技術的知見

から合理的に考慮できる範囲を超えた値を設定して不確かさの考慮を行っているため、これらの複数のパラメータが同時に基本ケースを超えて大きな値になることは考えにくいことから、それぞれ独立して考慮することとした。

これに対し、アスペリティの位置 (③)、破壊開始点の位置 (⑧) については、性質上、地震発生後の分析等により初めて把握できるものであり、地震発生前の把握が困難 (事前の詳細な調査等からは特定が困難) なもの (偶然的な不確かさ) であることから、不確かさを重畳させて考慮することとした。(上記3 (2) オ (ア) の図表7 3及び7 4)

(以上ウについて、上記3 (2)、1 審被告準備書面 (3 3) 90~91頁、同 (1 8) 66~74頁、90~93頁。乙50, 52~56頁, 乙54, 17~20頁, 乙88, スライド70, 78, 110~111, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-33頁, 6-5-34頁, 6-5-36頁)

エ 不確かさの組合せに関する追加検討

(ア) 1 審被告は、上記のとおり不確かさを考慮したが、検討用地震のうち、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震については、本件発電所敷地近傍における長い断層による地震であることに鑑み、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」にあたって、上記にとどまらず、更に不確かさを重畳させたケースを追加的に考慮することとした。具体的には、上記の各パラメータのうち、短周期の地震動レベルと破壊伝播速度について、不確かさを重畳させた場合の地震動評価を行うこととした。

これは、上記の各パラメータのうち、断層傾斜角とすべり角は、地質調査の結果等から相対的に不確かさは小さい (したがって重畳させる必要性は小さい) と考えられること、一方、破壊伝播速度については、短周期側の地震動への影響は断層傾斜角やすべり角と同程度であるものの、

長周期側の地震動に最も大きな影響を及ぼすパラメータであることから、この破壊伝播速度を、短周期の地震動レベルと重畳させて考慮することとしたものである。（アスペリティ配置と破壊開始点については、上記ウ（イ）の各ケースと同様に、ここでも重畳させて検討する。）

（イ）なお、短周期の地震動レベルについては、①FO-A～FO-B～熊川断層は横ずれ断層である一方、新潟県中越沖地震の震源断層は逆断層であること、②逆断層型の地震の短周期領域での地震動レベルは、横ずれ断層型の地震に比して1.2倍程度と評価されている等の知見があることから、新潟県中越沖地震を踏まえて考慮した「1.5倍」を1.2で除して、短周期の地震動レベルを1.25倍として再設定することとした。

（以上エについて、1審被告準備書面（33）91～92頁，同（18）93～95頁，乙50，57頁，乙88，スライド71～77）

オ 小括

本件発電所の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価では、以上述べたとおり、保守的な地震動評価となるよう、不確かさを適切に考慮している。この不確かさの考慮が科学的合理性を有していることは、後記第4の4で述べるとおり、本件発電所の基準地震動に対する年超過確率が 10^{-4} ～ 10^{-5} /年程度（乙155，スライド161）と極めて低いことにも表れている。

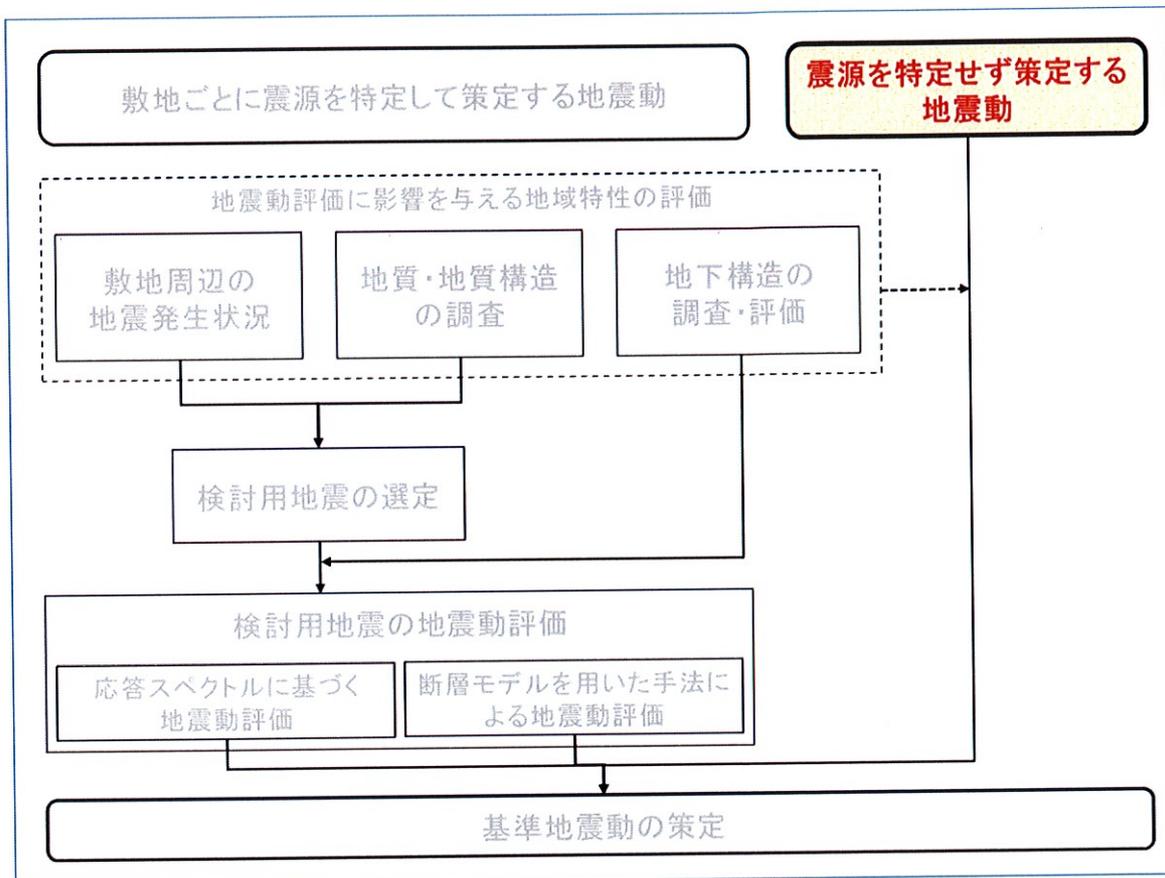
（3）原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会では、平成29年4月26日の第6回会議において、熊本地震が「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の手法に与える影響の有無についての原子力規制庁の分析結果（乙242，「熊本地震の分析について」）について議論した際、本件発電所の地震動評価ケース（乙242，参考2）につい

て、「この基本ケースというのは、そもそもFO-A～FO-Bプラス熊川ということで、長さを35キロメートルから63キロメートルに長くしているということと、プラス、そもそも基本ケースの中ではアスペリティ、いわゆる強震動領域を敷地により近づけてやるとか、こういう保守性を考慮してございます。ですから、現状の評価としては、地震動については、現状でも十分な評価が行われているというのが実情でございます」（乙243、「平成29年度原子力規制委員会第6回会議議事録」14頁）として、本件発電所の地震動評価においては、基本ケース（上記（2）イ及びウのそれぞれ（ア））の設定の段階から保守性が考慮され、適切な地震動評価が行われているとしている。

そして、原子力規制委員会は、1審被告が行った本件発電所の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価（上記2の「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び上記3の「断層モデルを用いた手法による地震動評価」）について、不確かさを考慮して地震動評価を行っていることから、設置許可基準規則解釈別記2に適合していることを確認したとしている（乙235，16～18頁）。

第3 「震源を特定せず策定する地震動」の評価について



「震源を特定せず策定する地震動」は、本件発電所敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震の全てを事前に評価し得るとは言い切れないとの観点から策定するものである。

本項では、本件発電所に係る「震源を特定せず策定する地震動」の評価について説明する。

1 設置許可基準規則等

(1) 設置許可基準規則解釈は、「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」、また、「策定された基準地震動の妥当性については、申請時における最新の科学的・技術的知見を踏まえて個別に確認すること」、「その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等、各種の不確かさを考慮した評価を参考とすること」等を求めている（同規則解釈別記2第4条5項3号，乙65，128～129頁）。

(2) これを受けて、地震ガイドは、観測記録の収集に関して、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」と「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」を対象とすることとして、収集対象となる16の内陸地殻内地震を例示している（I 4.2.1，甲47，7～8頁）。

(3) 上記の新規制基準の要求事項が設けられた経緯について、原子力規制委員会は、以下のとおりであるとしている。

ア 平成18年の改訂前の耐震設計審査指針（以下、「昭和56年耐震設計審査指針」という）では、「基準地震動 S_2 には直下地震によるものもこれに含む」と規定され、その直下地震の規模（ $M=6.5$ ）が規定されていた。これは、 $M=6.5$ 以下の地震は、活断層等の地震による特有の地形が地表で認められない場合が多いことを踏まえ、もし仮に敷地近傍で、ある程度の規模の地震があったとしても安全性が保てるよう、工学的判断から、念のため $M=6.5$ の（仮想）地震を設定したものである。（乙113，225～226頁）

イ 平成18年耐震設計審査指針においては、以下の点を踏まえて、昭和56年耐震設計審査指針における「直下地震」の規定が、「震源を特定せず策定する地震動」に置き換えられた。（これにより、「『直下地震 $M6.5$ 』という地震規模による設定を廃止した」（乙113，194頁）。）

①活断層の評価技術の発展による詳細な活断層評価を前提とし、その詳細な調査によっても震源を事前に特定できないと判断した地震により観測された硬質岩盤上の観測記録が蓄積された。

- ②地震規模ではなく地震動を規定することや、地震動強さの設定に際し、観測記録の選定の考え方を規定することにより、要求事項のより一層の明確化を図る。
- ③申請時点における最新の知見に照らし個別に確認するべきとし、最新知見の適切な取り入れを予め要求している。

すなわち、「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地周辺の状況等を十分に考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果に関わらず、全ての申請において共通的に考慮すべき地震動との位置づけで規定された。

(以上について、乙113, 226頁)

なお、上記の改訂は、兵庫県南部地震等の震源過程の研究により、アスペリティが浅いときには地表地震断層が出現するが、アスペリティが深いときには地表地震断層が出現しないとの新たな知見が得られており、活断層を事前に特定できるかどうかを「地震」の規模で規定するのは問題がある、との指摘がなされたことによるものとされている(乙93, 25～26頁)。

ウ 新規制基準においては、上記の平成18年耐震設計審査指針で規定されていた考え方を踏襲し、上記(1)のとおり、策定方針を明確化した(乙113, 226頁)。

この点、原子力規制委員会は、「『震源を特定せず策定する地震動』の策定に当たっては、・・・マグニチュードや震源距離を規定する方法ではなく、国内外の震源近傍の強震観測記録に基づいて地震動レベルを直接設定することとしており・・・なお、マグニチュードと加速度とは単純な比例関係にあるものではありません」(乙94, 9頁)としている。

(以上1について、1審被告準備書面(33)97～98頁、同(18)76

～77頁)

2 本件発電所の「震源を特定せず策定する地震動」の評価

本件発電所においては、敷地近くにF O - A ~ F O - B ~ 熊川断層という長い活断層が存在するものとしている(震央距離は3km, 断層の長さは断層の存在が現実には確認されていない区間も含めて63.4km, その断層の長さから想定される地震の規模はマグニチュード7.8(前記図表29))。したがって, その地震動の大きさから考えて, 本件発電所敷地に到来し得る地震動の想定においては「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」が支配的な地位を占めており, 本件発電所の基準地震動に「震源を特定せず策定する地震動」が寄与する度合いは小さい。(1審被告準備書面(33)99頁, 同(18)77頁)

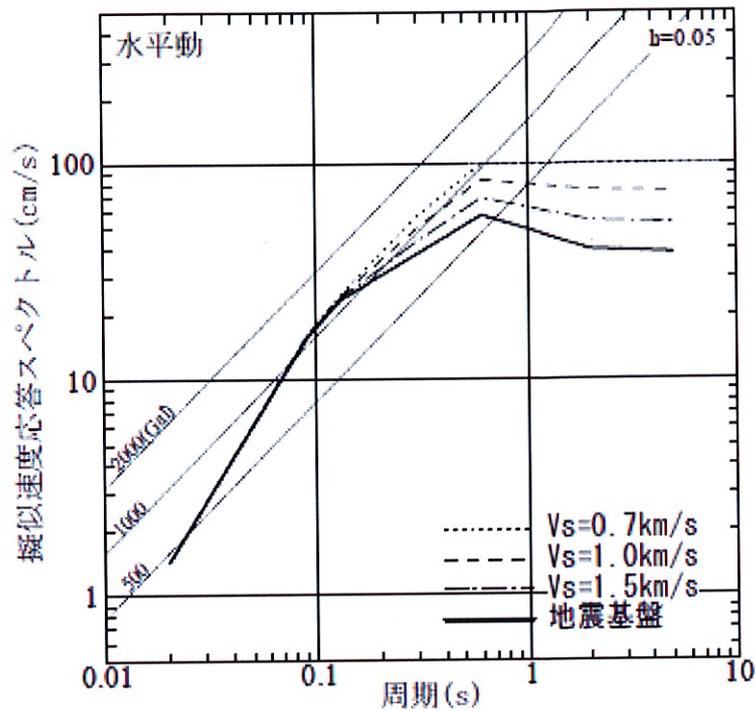
しかるところ, 1審被告は, 上記の要求事項を踏まえ, 「震源を特定せず策定する地震動」について, 以下のとおり評価を行った。

(1) 加藤ほか(2004)による応答スペクトル

まず, 加藤ほか(2004)⁹³(甲122)で示されている応答スペクトルについて検討した。加藤ほか(2004)では, 日本や米国のカリフォルニアで発生した内陸地殻内地震を対象⁹⁴に, 文献調査, 空中写真判読によるリニアメント調査, 地表踏査等の詳細な地質学的調査によってもなお, 震源位置と地震規模を前もって特定できなかつたと考えられる地震を選定し, 選定された地震の震源近傍の観測記録等を概ね上回るような地震動の応答スペクトルが示されている(図表78。甲122, 65頁)。

⁹³ 加藤研一ほか「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—」日本地震工学会論文集第4巻, 第4号, 46-86頁

⁹⁴ 加藤ほか(2004)は, 地震カタログが整備された1885年以降に日本で観測された内陸地殻内地震, 1940年以降に米国のカリフォルニアで発生した内陸地殻内地震を対象として検討を行ったとしている。



(甲122, 65頁の図9)

【図表7.8 加藤ほか(2004)による水平方向の地震動の応答スペクトル】

本件発電所敷地の地盤はS波速度2.2km/sであるところ(上記第1の3(2)エ(ア)), 加藤ほか(2004)では, S波速度2.2km/s以上の地盤について, 図表7.8に示す「地震基盤」の応答スペクトルが設定されていることから, 1審被告は, この応答スペクトルを採用することとした。

(以上(1)について, 1審被告準備書面(3.3)99~100頁, 同(1.8)78~79頁)。

(2) 地震ガイドに例示されている地震についての検討

次に, 地震ガイドに例示されている地震について検討した(1審被告準備書面(3.3)100~106頁, 同(1.8)79~83頁)。

ア 地震ガイドに例示された16地震

(ア) 地震ガイドに例示された16地震（図表7-9。甲47，8頁の表-1，乙182の1，添付書類六，6-5-45頁）は，「兵庫県南部地震以降，地震・地震動観測やネットワーク技術が進歩し，国内の観測点が大幅に増加しており，震源近傍の地震動や観測点周辺の地盤等の状況・性状も分かりつつある状況を踏まえ，震源近傍で強震動の記録がとれていて，規模が大きい検討対象となる，又はなることが想定される内陸地殻内の地震をリストアップし」たものとされており（乙113，227頁），原子力規制委員会及び多数の専門家による検討の結果，最新の科学的・技術的知見に照らして，「震源を特定せず策定する地震動」において考慮すべき地震として選定されたものである。

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

【図表79 地震ガイドで例示されている16地震】

(イ)ところで、新規制基準では、観測記録をもとに、「敷地の地盤物性に
 応じた応答スペクトルを設定」することが求められており（同規則解釈
 別記2第4条5項3号，乙65，128頁），「応答スペクトルの設定においては、
 解放基盤表面までの地震波の伝播特性が反映されている必要がある」と
 されている（地震ガイドI4.1(2)，甲47，7頁）。

これは、観測記録から表層の軟らかい地盤の影響を取り除いた上で、
 原子力発電所敷地の解放基盤表面（本書面末尾の別紙1の4（2）を参
 照）相当の岩盤での揺れに補正する作業等、観測記録が得られた地盤と
 原子力発電所敷地の地盤との間における増幅特性（サイト特性）の差異

を踏まえた地震動の補正作業を行うことを要求するものと解される。

この点、原子力規制委員会は、「これらの地震の観測記録は、防災科学技術研究所が全国に設置するK-NET及びKiK-netをはじめとして各種機関が設置する強震計により観測されたものであるが、そのデータは地上で取られたもの、地中で取られたものが混在している。そこで、当該地震動を観測した強震計の位置（観測サイト）における地盤の増幅特性について、解放基盤面相当深さまでの速度構造をボーリング調査等によって把握して、観測サイトにおける解放基盤面において当該地震動（解放基盤波）を評価することが必要である。そのようにして算定された解放基盤波を原子力発電所の解放基盤面での地盤物性を必要に応じて考慮し、応答スペクトルが設定される」（乙113、228頁）としている。

(ウ) 1 審被告は、地震ガイドに示された「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」と「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」の区別に従い、Mw6.5⁹⁵以上の2地震（下記イ）とMw6.5未満の14地震（下記ウ）とに分けて検討を行った。

イ Mw6.5以上の2地震についての検討

地震ガイドは、Mw6.5以上の地震として、平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震（以下、「岩手・宮城内陸地震」という）と鳥取県西部地震を示している。

1 審被告は、地震ガイドにおいて、「活断層や地表地震断層の出現要因

⁹⁵ 地震の規模を表すマグニチュード（M）には、気象庁マグニチュード、モーメントマグニチュード（Mw）等、いくつかの種類があり、同じ地震でも異なった値になることがある。モーメントマグニチュード（Mw）は、断層運動の大きさ（エネルギー）を表す地震モーメント（M₀）をもとに、 $Mw = 1/1.5 \times (\log M_0 - 9.1)$ という算式で計算される値である。

の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差がある」ことを考慮して個別に検討する必要があるとされている（I 4. 2. 1解説(2), 甲47, 8頁）ことを踏まえ、これらの地震の震源域周辺と本件発電所敷地周辺の地域性等を比較するなどした。

(ア) 岩手・宮城内陸地震

岩手・宮城内陸地震の震源域近傍は、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域であり、地震ガイドにいう「上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震」（I 4. 2. 1解説(2)③, 甲47, 8頁）にあたる。

そのような地域では、活断層を発見しづらくなるが、本件発電所敷地周辺はそのような（軟岩等が広く分布するような）地域ではない。

このように、岩手・宮城内陸地震の震源域近傍と本件発電所敷地周辺では地質学的背景が異なることから、1審被告は、同地震の観測記録を収集対象外（本件発電所の「震源を特定せず策定する地震動」の評価においては採用しない）とした。

（以上（ア）について、甲63, スライド6～17, 乙182の1, 添付書類六, 6-5-13～6-5-14頁）

(イ) 鳥取県西部地震

鳥取県西部地震は、事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域で発生し、地表で地震断層が確認されたものの、確認された長さが、地震規模に相応の長さよりも短かった地震であり、地震ガイドにいう「活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震」

（I 4. 2. 1解説(2)②, 甲47, 8頁）に該当すると考えられる。

鳥取県西部地震の震源周辺は、活断層の分布密度が低く活動度も低い、活断層が未成熟な地域であって、過去に地震を発生させた断層の痕跡が地表面に残りにくいという、本件発電所敷地周辺では見られない特徴があった。このため、本件発電所敷地周辺において、鳥取県西部地震と同規模の地震を発生させる活断層を事前に見出せないことは考えにくいと評価できる場所であった。（乙82）

しかしながら、原子力規制委員会における議論も踏まえ、1審被告は、鳥取県西部地震の観測記録を採用することとした。鳥取県西部地震の観測記録は、複数の地点で観測されているが、1審被告は、震源近傍に位置する賀祥ダムでの地震動の観測記録を用いることとした。

賀祥ダムが設置されている地盤は、S波速度が1.2～1.3km/sと速く十分な固さがあるが、本件発電所敷地の解放基盤表面は、S波速度が2.2km/sと賀祥ダムよりも更に速く固い地盤である。この点、地震波（の一種であるS波）は、一般的に固い地盤から軟らかい地盤に伝わる時に増幅して大きくなることから（前記第1の3（2）ア、及び同エの冒頭箇所）、仮に本件発電所敷地近傍で同様の地震が発生した場合でも、地震波の増幅の程度は賀祥ダムの地盤よりも本件発電所敷地の地盤の方が小さくなり、その結果、本件発電所敷地の解放基盤表面で観測される揺れは、この賀祥ダムでの観測記録よりも小さい揺れになると考えられる。しかしながら、1審被告は、保守的な観点から、地震動がより大きくなる条件とするために、賀祥ダムにおける観測記録について、上記ア（イ）で述べた地盤の特性による補正等をあえて行わず、観測記録をそのまま用いて応答スペクトルを設定した。

（以上（イ）について、甲63、スライド18～27、乙88、スライド124、乙182の1、添付書類六、6-5-13～6-5-14頁）

ウ Mw6.5未満の14地震についての検討

次に、地震ガイドに示されたMw6.5未満の14地震については、これらの地震の震源近傍における観測記録のうち、地盤が著しく軟らかいと考えられる地盤上の記録を、表層の観測点を除外するためのはぎとり解析の精度の観点から除外し、95の観測記録を抽出した。そして、これらの観測記録のうち、加藤ほか（2004）の応答スペクトルとの比較において特に影響が大きいと考えられ、かつ、はぎとり解析により、観測点において地下の岩盤面（基盤面）における地震動を推定するために必要な精度の高い地盤情報が得られている記録は、北海道留萌支庁南部地震のみであったことから、この記録を採用することとした。

北海道留萌支庁南部地震では、震源近傍の比較的軟弱な地盤の地表面上に地震計が設置されたHKD020（港町観測点）における観測記録があるが、佐藤ほか（2013）（乙95）⁹⁶では、同観測点におけるボーリング調査やP S 検層の結果をもとに、地表から解放基盤表面と評価できる固さを有する岩盤面（基盤面）の深さ（地下41m）までの地下構造を検討・評価した上で、同観測点の基盤面（S波速度938m/s）における地震動の推定がなされていた（最大加速度は、水平方向585ガル、鉛直方向296ガル）。

評価にあたって、1審被告は、佐藤ほか（2013）において、震源近傍の観測点における地下構造や地震動の推定について十分検討されていたことに鑑み、上記で推定された地震動を採用することとした。ここで、本件発電所敷地の解放基盤表面（S波速度2.2km/s）は、HKD020（港町観測点）の基盤面（S波速度938m/s）に比べて地震波の伝播速度が速く、固い地盤であるため、仮に本件発電所敷地近傍で同様の地震が発生した場合でも、地震波の増幅の程度はHKD020（港町観測点）の地盤よりも本件発電所敷地の

⁹⁶ 佐藤浩章ほか「物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点（HKD020）の基盤地震動とサイト特性評価」電力中央研究所報告

地盤の方が小さくなり、その結果、本件発電所敷地の解放基盤表面で観測される揺れは、このHKD020（港町観測点）での観測記録よりも小さい揺れになると考えられる。しかしながら、1審被告は、より保守的に評価するため、HKD020（港町観測点）の基盤面において推定された地震動について、上記ア（イ）で述べた地盤の特性による補正等をあえて行わずに採用することとした。

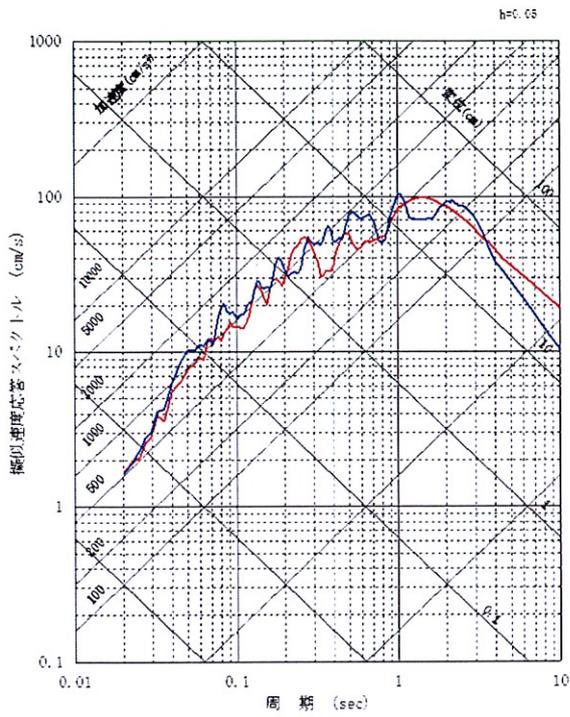
その上で、1審被告は、HKD020（港町観測点）の地下構造（地震波の減衰）についての不確かさを考慮して、基盤面から地表までの間の減衰をより大きく、すなわち基盤面における地震動をより大きく評価し（最大加速度は、水平方向609ガル、鉛直方向306ガルとした）、さらに、この地震動の評価結果を保守的により大きく（最大加速度を、水平方向を609ガルから620ガルに、鉛直方向306ガルから320ガルに）して、本件発電所の「震源を特定せず策定する地震動」として評価し、応答スペクトルを設定した。

（以上ウについて、甲63、スライド28～84、乙88、スライド125～128、乙182の1、添付書類六、6-5-14頁）

エ 地震動評価結果

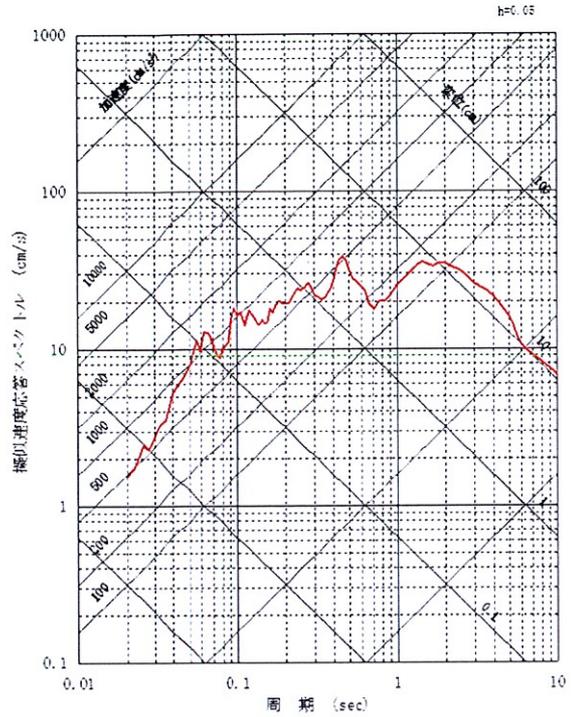
以上より、鳥取県西部地震及び北海道留萌支庁南部地震の観測記録から設定した応答スペクトルは、それぞれ図表80及び81のとおりである（乙88、スライド124、129、乙182の1、添付書類六、6-5-120～6-5-121頁）。

上記の評価結果を基に策定した基準地震動については、後記第4の2で述べる。



(水平)

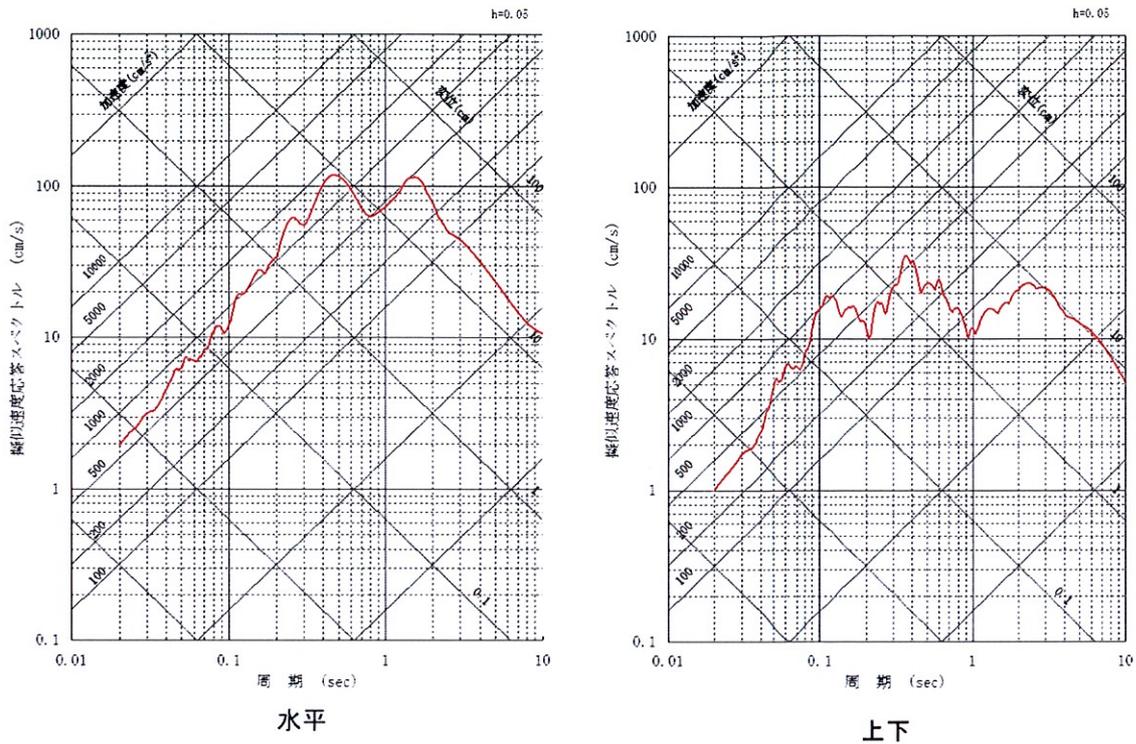
- 賀祥ダム(NS方向)
- 賀祥ダム(EW方向)



(上下)

- 賀祥ダム(上下方向)

【図表 8 0 鳥取県西部地震の観測記録による応答スペクトル】



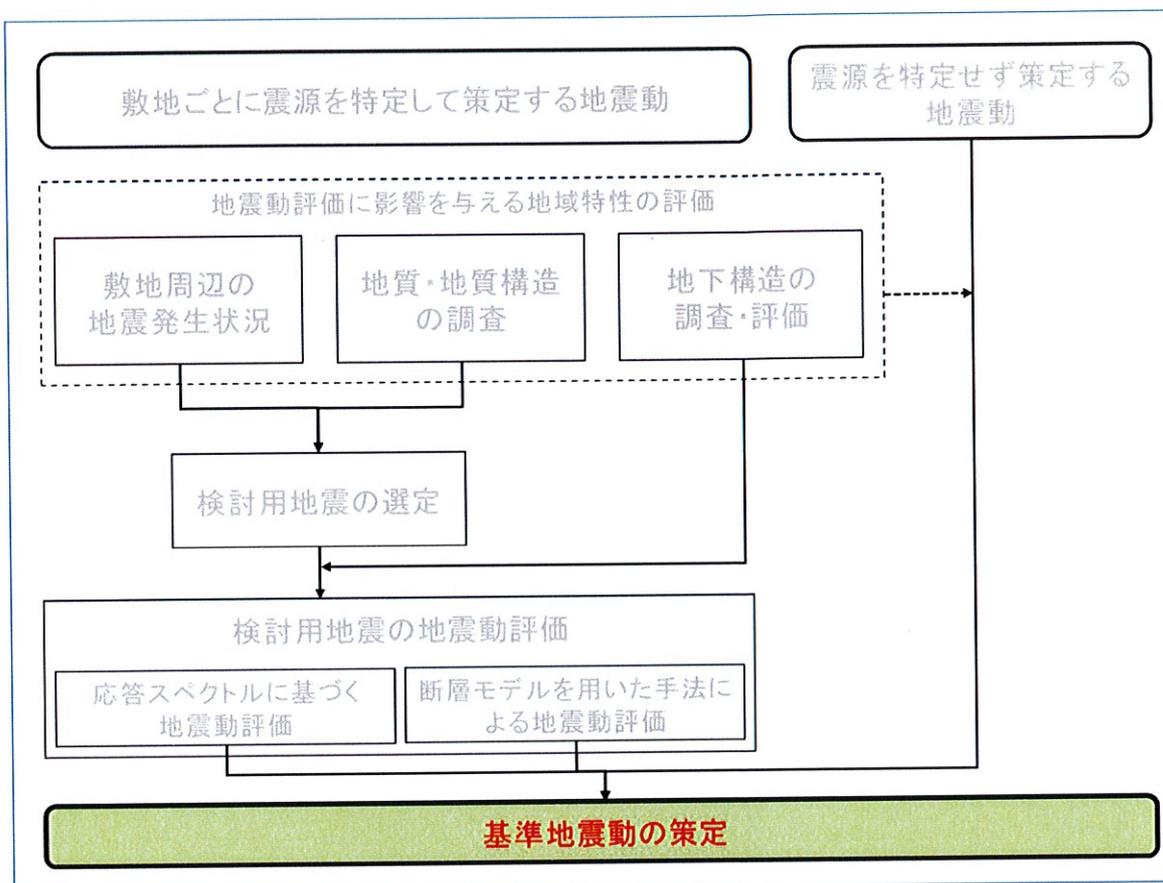
— 震源を特定せず策定する地震動(留萌)

【図表 8 1 北海道留萌支庁南部地震の観測記録を考慮した応答スペクトル】

3 原子力規制委員会による審査

原子力規制委員会は、1 審被告による本件発電所の「震源を特定せず策定する地震動」の評価について、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、設置許可基準規則解釈別記2に適合していることを確認したとしている（乙235、19～20頁）。

第4 基準地震動の策定



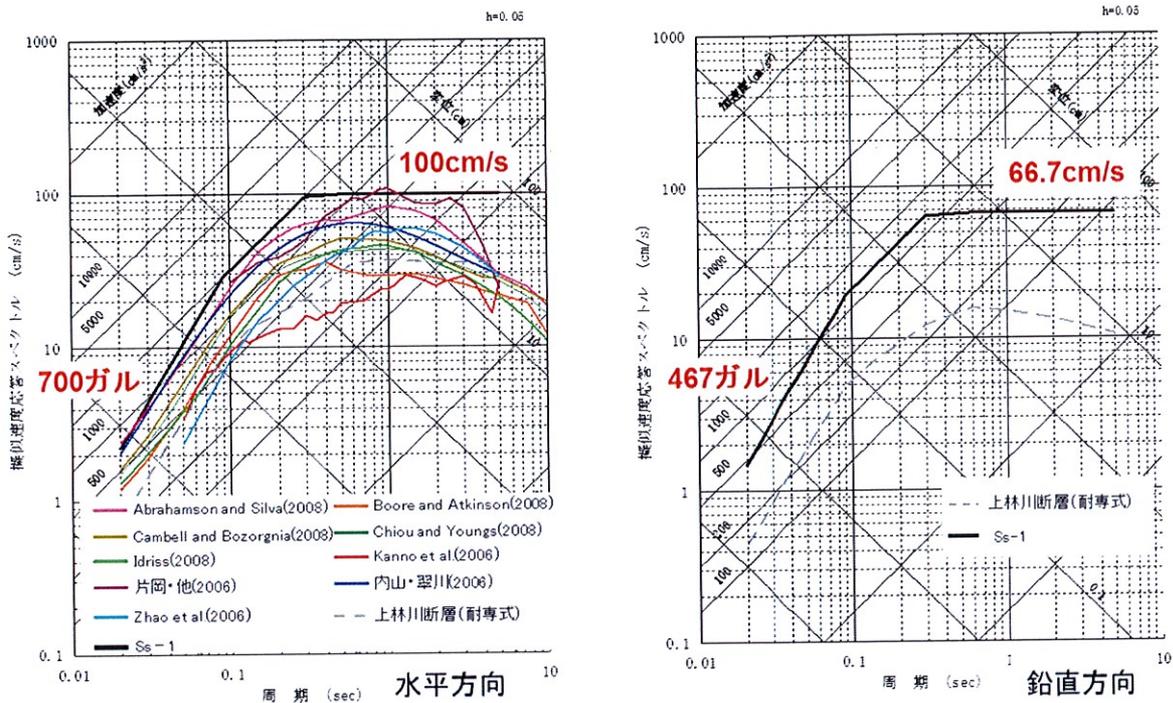
ここまで説明してきた、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果を踏まえて、本件発電所の基準地震動を策定した。

1 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価結果に基づく基準地震動

(1) 応答スペクトルに基づく地震動評価結果を踏まえた基準地震動の策定

ア 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価結果より、まず、応答スペクトルに基づく地震動評価の結果（前記第2の2）を踏まえて、本件発電所の基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを、図表82の黒色線のとおり策定した（乙88，スライド130，乙182の1，添付書類六，6-5-122～6-5-123頁）。最大加速度は700ガル（水平方向）である。（加速度時刻

歴波形については、乙88号証のスライド135、乙182号証の1の6-5-138頁を参照)



【図表 8 2 基準地震動 S s - 1 の応答スペクトル (黒色線)】

イ 基準地震動 S s - 1 の応答スペクトルは、上林川断層による地震の耐専式による地震動評価結果 (図表 8 2 の破線) を、水平方向・鉛直方向ともに、全ての周期帯で上回っている (乙182の1、添付書類六、6-5-124~6-5-125頁)。

ウ 一方、F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震の各種の距離減衰式による応答スペクトル (前記第 2 の 2 (2) ウ (エ) の図表 5 9) と、基準地震動 S s - 1 の応答スペクトル (水平方向) とを比較すると、①傾斜角 75° ケースの Abrahamson and Silva (2008) の関係式による応答スペクトル⁹⁷が、短周期側 (0.02秒付近) で700ガルを超えており、また、②傾斜角

⁹⁷ 図表 8 2 の左側の図の「Abrahamson and Silva (2008)」(桃色線) で示されている応答スペクトルを指す。

75° ケースの片岡ほか（2006）の関係式による応答スペクトル⁹⁸が、長周期側（1秒付近）で100cm/sをわずかに上回っている（図表82の左側の図を参照。乙182の1、6-5-126～6-5-127頁）。

しかしながら、上記①については、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」（前記第2の3）の結果に基づいて策定した基準地震動S_{s-4}の最大加速度856ガルは下回った。

また、上記②について、片岡ほか（2006）の関係式が基礎としている観測記録が得られた各観測点の表層地盤のS波速度の平均値は720m/sであり、S波速度2.2km/sである本件発電所の解放基盤表面の硬質な地盤特性とは乖離がある。そこで、複数の補正式を用いて補正したところ、いずれの補正式によっても、補正された応答スペクトルは、基準地震動S_{s-1}の応答スペクトルを下回る結果となった。

（以上（1）について、1審被告準備書面（33）107～109頁，同（18）84～86頁）

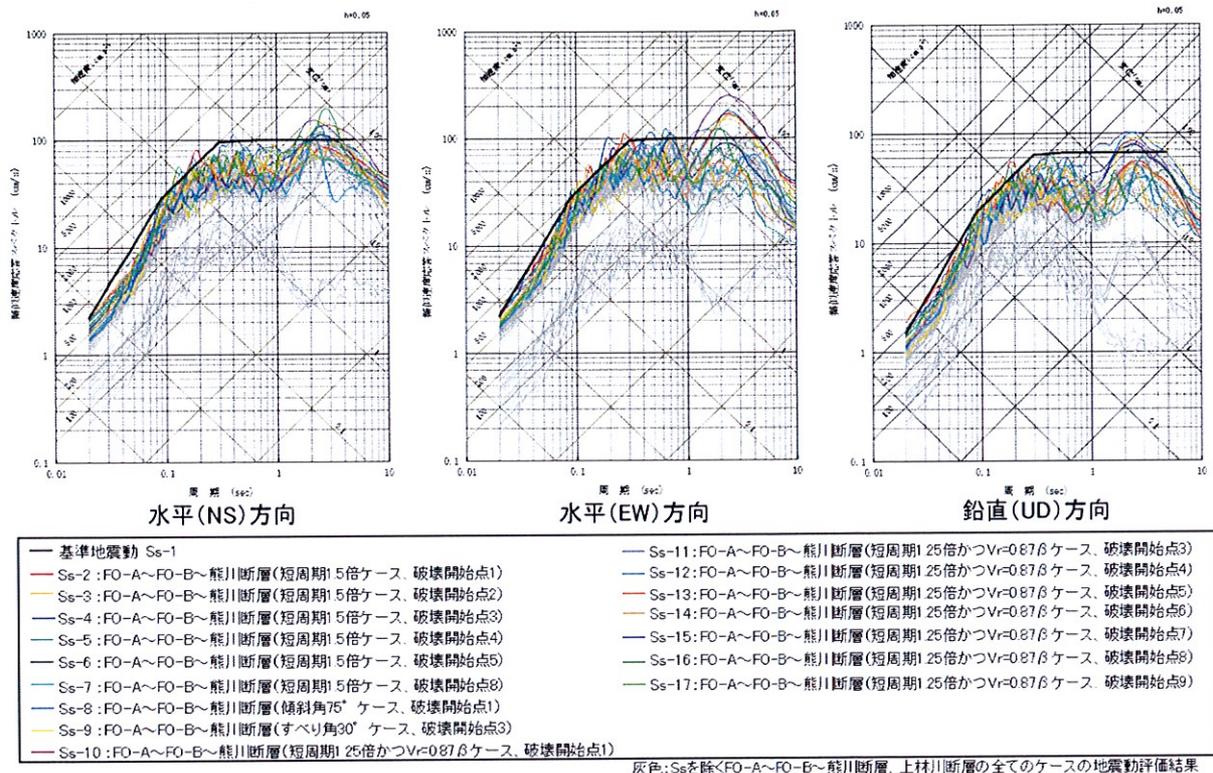
（2）断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を踏まえた基準地震動の策定

次に、FO-A～FO-B～熊川断層による地震（全64ケース）及び上林川断層による地震（全18ケース）に係る「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の結果（前記第2の3）のうち、基準地震動S_{s-1}の応答スペクトルを上回るケースから16ケースを、それぞれ基準地震動S_{s-2}～S_{s-17}として策定した（図表83。乙88，スライド131，乙182の1，添付書類六，6-5-131～6-5-133頁）。最大加速度は、水平方向が基準地震動S_{s-4}（EW方向）の856ガル，鉛直方向が基準地震動S_{s-2}の583ガルである。（基準地震動S_{s-2}～S_{s-17}の加速度時刻歴波形については、乙88号

⁹⁸ 図表82の左側の図の「片岡・他（2006）」（紫色線）で示されている応答スペクトルを指す。

証の slides 136~139, 乙182号証の1の6-5-139~6-5-154頁を参照)

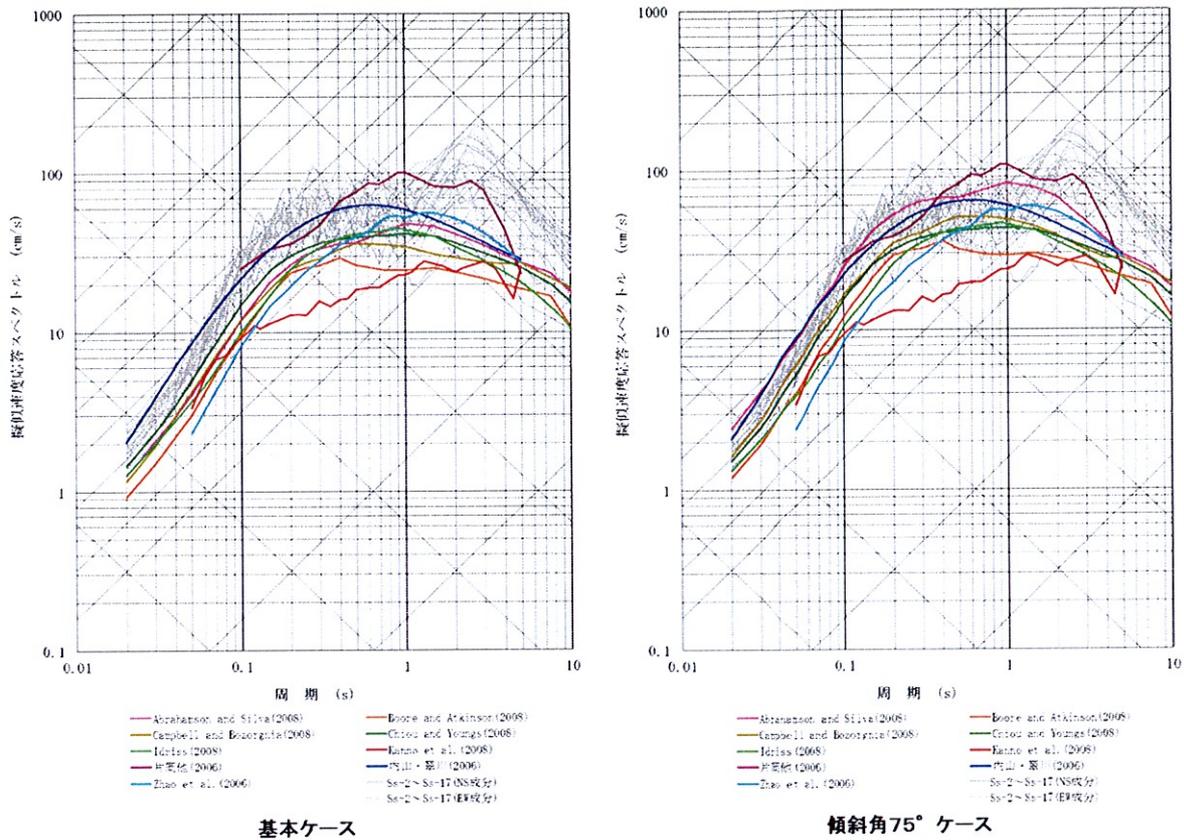
(以上について, 1 審被告準備書面 (3 3) 109~110頁, 同 (1 8) 86~87頁, 90~96頁)



【図表 8 3 基準地震動 S s - 2 ~ S s - 1 7 の応答スペクトル】

なお, FO-A~FO-B~熊川断層による地震の各種の距離減衰式による応答スペクトル(前記第2の2(2)ウ(エ)の図表59)と, 基準地震動 S s - 2 ~ S s - 1 7 の応答スペクトル(水平方向)とを重ね合わせて比較し, 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の妥当性を検討したものが図表84である。「断層モデルを用いた手法による地震動評価」による基準地震動 S s - 2 ~ S s - 1 7 の応答スペクトルは, 各種の距離減衰式による応答スペクトルと概ね同等ないしはこれを上回る結果となっており, 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の妥当性が示されているといえる。(1 審被告準備書面 (3 3) 110~111頁, 同 (1 8) 87~88頁, 乙

182の1, 添付書類六, 6-5-117~6-5-118頁)



【図表 8 4 F O - A ~ F O - B ~ 熊川断層による地震の各種の距離減衰式による
応答スペクトルと基準地震動 $S_s - 2 \sim S_s - 17$ との比較】

2 「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づく基準地震動

前記第3で評価した「震源を特定せず策定する地震動」のうち、第3の2(1)で設定した加藤ほか(2004)による応答スペクトルは、水平方向・鉛直方向ともに、全周期帯で基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを下回っていることから、基準地震動には採用しなかった。

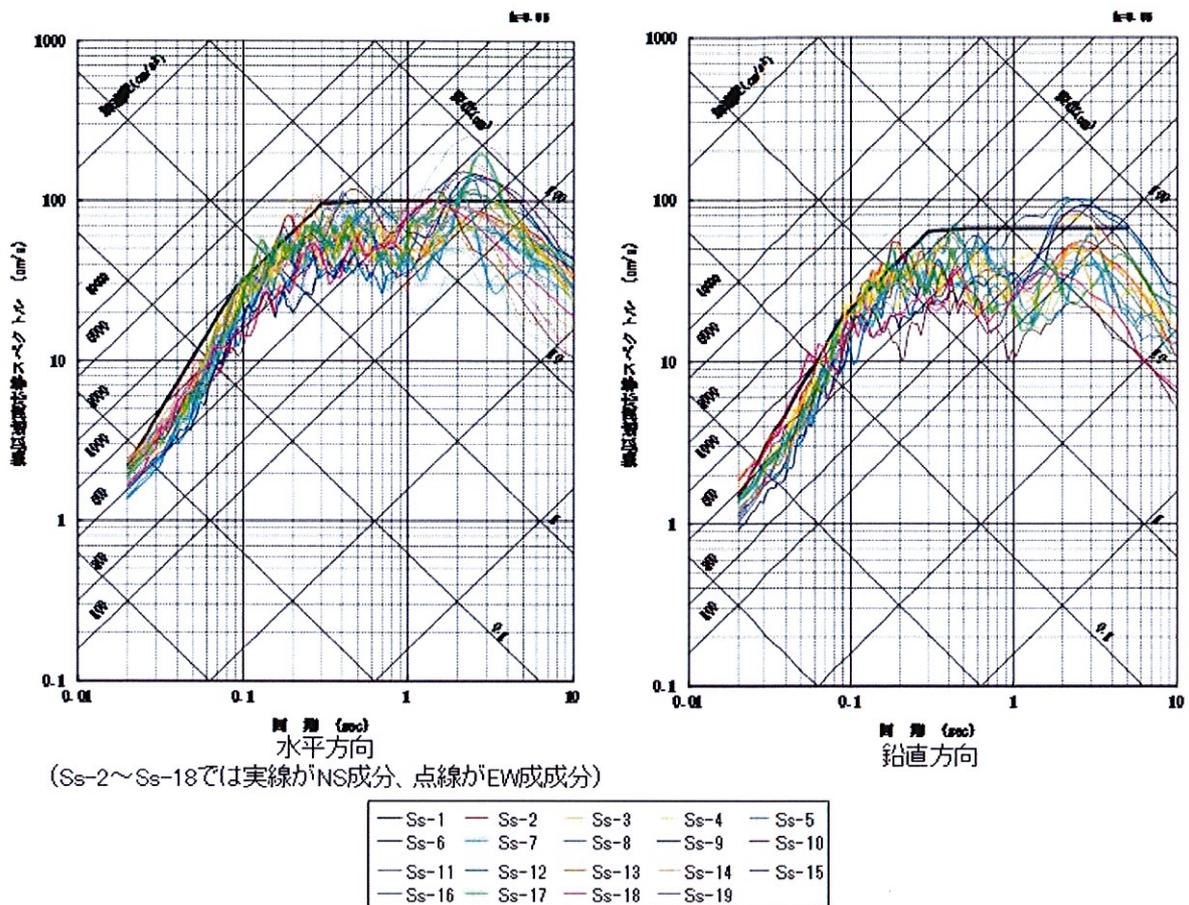
一方、前記第3の2(2)で設定した、鳥取県西部地震の観測記録を考慮した応答スペクトル及び北海道留萌支庁南部地震の観測記録を考慮した応答スペクトルは、いずれも基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを一部周期で上回るため(図表85)、これらを、それぞれ基準地震動 $S_s - 18$, $S_s - 19$ と

856ガル、鉛直方向が基準地震動 $S_s - 14$ の613ガルである（図表86。乙88、スライド141、乙182の1、添付書類六、6-5-49頁）。最終的な基準地震動 $S_s - 1 \sim S_s - 19$ の応答スペクトルを図表87に示す（乙88、スライド134。加速度時刻歴波形については、乙88号証のスライド135～140を参照）。

（以上について、1審被告準備書面（33）112～114頁、同（18）98～99頁）

基準地震動		NS方向	EW方向	UD方向
Ss-1	設計用模擬地震波	700		468
Ss-2	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点1)	690	776	583
Ss-3	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点2)	496	826	383
Ss-4	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点3)	546	856	518
Ss-5	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点4)	511	653	451
Ss-6	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点5)	660	578	450
Ss-7	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.5倍ケース・破壊開始点8)	442	745	373
Ss-8	FO-A～FO-B～熊川断層(傾斜角75° ケース・破壊開始点1)	434	555	349
Ss-9	FO-A～FO-B～熊川断層(すべり角30° ケース・破壊開始点3)	489	595	291
Ss-10	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点1)	511	762	361
Ss-11	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点3)	658	727	469
Ss-12	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点4)	495	546	334
Ss-13	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点5)	744	694	380
Ss-14	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点6)	723	630	613
Ss-15	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点7)	685	728	430
Ss-16	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点8)	677	753	391
Ss-17	FO-A～FO-B～熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース・破壊開始点9)	594	607	436
Ss-18	2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録	528	531	485
Ss-19	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動	620		320

【図表86 基準地震動 $S_s - 1 \sim S_s - 19$ の最大加速度】



【図表 8 7 基準地震動 S s - 1 ～ S s - 1 9 の応答スペクトル】

4 基準地震動の年超過確率について

これまで述べてきたとおり、1 審被告は、詳細な調査等に基づき、十分に不確かさを考慮した保守的な条件設定の下で地震動評価を行ったことから、策定された基準地震動は、本件発電所に到来し得る概ね最大の地震動を考慮できており、本件発電所に基準地震動を超える地震動が到来することはまず考えられない。しかるところ、1 審被告は、基準地震動を超える地震動が発生する可能性について、確率論的な観点から定量的に確認するため、本件発電所の基準地震動の年超過確率⁹⁹を参照した。(1 審被告準備書面 (3 3) 114頁, 同 (1 8))

⁹⁹ 年超過確率とは、ある地点において将来の一定期間中に見舞われるであろう任意の地震動強さを超過する確率について、その期間を1年とした場合の確率をいう。

99～100頁)

以下では、本件発電所の基準地震動の年超過確率について説明する。

(1) 設置許可基準規則等

設置許可基準規則解釈は、「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、それぞれが対応する超過確率を参照し、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握することとしている（同規則解釈別記2第4条5項4号、乙65、129頁）。

また、地震ガイドは、超過確率を参照する際には、基準地震動の応答スペクトルと地震ハザード¹⁰⁰解析（これは「地震ハザード評価」と同義である）による一様ハザードスペクトル¹⁰¹を比較するとともに、当該結果の妥当性を確認すること等として、一様ハザードスペクトルの作成について、一般社団法人日本原子力学会（以下、「日本原子力学会」という）の「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」（乙154。以下、「実施基準」という）を例示している（I 6.1及び6.2、甲47、9～11頁）。

(2) 本件発電所の基準地震動の年超過確率

ア 1 審被告は、本件発電所敷地周辺の詳細な調査・評価結果に基づき、本件発電所敷地に大きな影響を与えると予想される検討用地震を選定している。そして、それらの調査・評価結果も踏まえて、各種の震源断層パラメータについて保守的な条件設定により、地震動の地域特性を踏まえた最新の地震動評価手法を用いて、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」

¹⁰⁰ 地震ハザードとは、確率論的地震ハザードともいい、ある地点において将来の一定期間中に見舞われるであろう任意の地震動強さと、その強さを超過する確率との関係をいう。

¹⁰¹ 一様ハザードスペクトルとは、地震動の年超過確率をトリパタイト図（本書面末尾の別紙1の5（2）を参照）上に示した応答スペクトルをいう。

を評価し、さらに「震源を特定せず策定する地震動」も評価した上で、本件発電所の基準地震動 $S_s - 1 \sim S_s - 19$ を策定している。

よって、本件発電所の基準地震動は、本件発電所に到来し得る概ね最大の地震動を考慮できていることから、本件発電所に基準地震動を超える地震動が到来することはまず考えられないところ、1審被告は、基準地震動を超える地震動が発生する可能性について、確率論的な観点から定量的に確認するため、本件発電所の基準地震動の年超過確率を参照した。

すなわち、上記のとおり保守的な条件設定に基づいて策定された基準地震動の大きさについて、確率論的な考え方（解析条件の不確かさや地震動のばらつきも考慮して、ある大きさの地震動がどのくらいの頻度で起こりうるかを評価するとの考え方）から一様ハザードスペクトルを作成し、基準地震動の応答スペクトルと比較することにより、基準地震動の策定とは異なる視点から評価するとの目的から、本件発電所の基準地震動の年超過確率を参照したものである。

この点、原子力規制委員会も、設置許可基準規則及び同規則解釈（乙65）についてのパブリックコメント（乙143）において、「本規則（引用者注：設置許可基準規則）及び解釈案では、『「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」については、それぞれが対応する超過確率を参照し、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握すること。』としていますが、これにより策定されたそれぞれの地震動に必要な震源や不確かさが適切に考慮されていること等について、ハザード評価（引用者注：地震ハザード評価と同じ）の観点からも明確化することが可能となります」（乙143、65～66頁）としており、基準地震動の年超過確率は、策定された基準地震動を異なる観点から確認するために参照するものであることを明らかにしている。

イ 1 審被告は、上記1の要求事項を踏まえ、適宜実施基準（乙154）を用いて本件発電所の基準地震動の年超過確率を参照した。

ここで、実施基準の信頼性について敷衍して述べると、実施基準は、日本原子力学会の標準委員会が、原子力発電所の安全性と信頼性を確保してその技術水準の維持・向上を図る観点から、原子力発電所の設計・建設・運転・廃止活動において実現すべき技術のあり方を定めた原子力標準の一つであり、その策定にあたっては、標準委員会・発電炉専門部会の下に地震P S A分科会が設置され、さらに地震ハザード評価作業会等の作業会が設けられて、検討の結果、取りまとめられたものである（乙154、i頁）。検討にあたっては、関係者の意見をパブリックコメントを通じて聴取するなどして、公平、公正、公開の原則を維持しながら審議が行われた（同vii頁）。

一方、原子力規制委員会は、地震ガイドにおいて、地震ハザード解析の手法として実施基準を採用しており（I 6.1解説(1)、甲47、10頁）、実施基準の信頼性を認めている¹⁰²。

以上のように、実施基準は、学識者、実務者の長年にわたる議論と公正な手続きを経て作成されたものであり、原子力規制委員会も、新規基準に係る審査基準に採用するなど、その信頼性は広く認められている。

ウ 1 審被告は、概要、以下の手順により、本件発電所の基準地震動の年超

¹⁰² 原子力規制委員会は、実施基準の信頼性に関して、「国内の地震ハザード評価では、地震調査研究推進本部（引用者注：以下、「地震本部」と略されている）・・・により、・・・地震ハザードマップが公表され、広く一般防災に活用されるとともに、原子力分野でも地震本部の情報・データ及び評価手法等を活用し、これと整合を図っています。地震本部の・・・地震ハザードは、地震・地震動の情報や評価手法から見て、世界的な標準以上の広域かつ詳細な評価といえます」とした上で、「日本原子力学会の確率論的安全評価実施基準における地震ハザード評価は、地震本部のデータや手法との整合を取りながら、サイト近傍の評価や不確実さ評価手法をより詳細化したものであり、評価データやプロセスの透明性・説明性を明確化するよう規定されています」と評価している（乙244、「原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴う関係規則の整備等に関する規則（案）等に関連する内規（案）に対するご意見への考え方」120頁）。

過確率を参照した（乙50，66頁，乙155，スライド143～164，乙182の1，添付書類六，6-5-16～6-5-18頁，6-5-50～6-5-51頁，6-5-157～6-5-173頁）。

- ①本件発電所の敷地に将来影響を及ぼす可能性のある地震の発生について，地震発生様式を考慮し，対象とする地震の位置，規模，発生頻度が事前にどの程度特定して設定できるかに応じて特定震源モデルと領域震源モデルに分類し，各々の地震の規模，発生頻度等を設定することにより，震源モデルを設定する。
- ②本件発電所の周辺地域の震源特性や地震動の伝播特性を考慮して，特定の位置で特定の規模の地震が発生した場合に本件発電所で生じる地震動強さの確率分布を評価するための地震動評価モデルを設定する。
- ③これらのモデル設定において選定した本件発電所の地震ハザード評価に大きな影響を与える不確かさの要因によって分岐するロジックツリーを作成する。
- ④このロジックツリーを用いて地震ハザード曲線群を算出し，その結果をもとに一様ハザードスペクトルを作成する。
- ⑤この一様ハザードスペクトルを基準地震動の応答スペクトルと比較することによって，基準地震動の年超過確率を確認する。

エ そして，本件発電所の一様ハザードスペクトルと，基準地震動 $S_s - 1$ 及び $S_s - 2 \sim S_s - 19$ の応答スペクトルを比較したところ，それらの年超過確率は， $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度¹⁰³となった（図表88及び89。乙155，スラ

¹⁰³ この点に関して，「原子力施設の耐震設計指針における地震動評価に関する現状－I A E AおよびU S . N R Cの動向－」（乙245）によると，国際原子力機関（I A E A）では，設計用地震動の策定方法について，米国の基準や技術を参考にしつつ（乙245，14頁），原子力発電所の設計用地震動として2段階の耐震レベルを想定しており，より厳しい「S L - 2」は，国や地域にもよるものの，概ね年超過確率 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ に対応するものとなっており（同2～3頁），これに照らしても，本件発電所の基準地震動は十分に保守的なものといえる。