

基準地震動の策定に関する審査における不確かさの反映の具体例

令和 3 年 2 月 3 日
原子力規制庁

1. 概 要

令和 2 年 1 2 月 1 6 日の原子力規制委員会において、「基準地震動の策定に係る審査について」(参考資料) が取りまとめられた。その際の審議において、今後、技術的な内容について説明を加えていく必要があるとの指示があったので、審査の具体例として、大飯発電所の基準地震動の審査を取り上げ、報告する。内容は、基準地震動のうち、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」の断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価の審査について説明する。

2. 大飯発電所の基準地震動の策定に係る審査について

2.1 レシピを用いて行う基準地震動策定の全体の流れ

大飯発電所の基準地震動の策定に係る全体フローを図表 1 に示す。このうち、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法に基づく地震動評価は、地震調査研究推進本部¹地震調査委員会の「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」²(以下「レシピ」という。)に示された関係式及び手順に基づいて行われている。レシピにおける内陸地殻内地震の震源特性パラメータ設定フローを図表 2 に示すが、本資料での説明に関し必要な部分を摘記すると図表 3 のとおりである。

レシピを用いて地震動評価を行う際には、その評価に影響を与える種々の不確かさがあることから、敷地での地震動が厳しい側のものになるように初期入力条件である震源特性パラメータを設定すること、又は得られた地震動評価結果そのものを大きくすることを行う。

審査では、このような点を中心に、基準地震動が、地震動評価に大きな影

¹文部科学大臣を本部長とする地震防災対策特別措置法に基づく政府の特別な機関。阪神・淡路大震災を契機として、平成 7 年 7 月に設置。地震調査委員会は、地震調査研究推進本部内部の外部委員による委員会。

²強震動予測手法や震源特性パラメータの設定にあたっての考え方について取りまとめたもの。また、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するため、「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目指している。

響を与えると考えられる不確かさを考慮して適切に策定されていることを、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から判断している。

2.2 地震動評価の「基本ケース」

地震動評価の「基本ケース」は、地質調査結果、地震学及び地震工学の知見等を踏まえて設定するものである。「基本ケース」自体も、以下に示すとおり、評価結果が厳しい側のものとなるように、断層長さ及び断層幅、アスペリティ位置を設定した。

(1) 「断層長さ及び断層幅」の設定

レシピでは、「過去の地震記録や調査結果等の諸知見を吟味・判断して震源モデルを設定する場合」、「その知見を生かした断層モデルの設定を行う」とされている。

断層長さ及び断層幅(断層上端深さ)については、審査の過程において、不確かさを反映して設定することを求め、図表4のとおり、断層長さについては「FO-A～FO-B断層」と「熊川断層」とを連動させ、また、断層幅(断層上端深さ)については上端深さ4kmを上端深さ3kmに見直した。

その結果、震源断層面積が大きくなり、レシピ(3)式(入倉・三宅式)を用いて震源断層面積から計算される地震モーメント³は、事業者の当初の申請と比較して3.7倍となった。断層長さ及び断層幅を見直したことによる地震モーメントへの影響を図表5に示す。また、地震動評価への影響を図表6及び図表7に示す。

(2) 「アスペリティ位置」の配置

レシピでは、アスペリティ⁴位置は、「平均的な地震動を推定することを目的とする場合で平均変位速度の分布などの情報に基づき設定できない場合には、やや簡便化したパラメータ設定として、アスペリティが1個の場合には中央付近、アスペリティが複数ある場合にはバランス良く配分し、設定するケースを基本ケースとする」とされている。

アスペリティ位置については、敷地での地震動が厳しいものになるように、断層面の最も浅い場所に配置した。

アスペリティ断面図及び地震動評価結果への影響度を図表8に示す。この結果を見ると、特に短周期領域の地震動レベルは、最も浅い位置(上段

³地震の大きさを示す指標の一つ。断層面をずらそうとする偶力のモーメントの大きさ。地震の破壊域の面積とすべり量の積に比例する量。

⁴プレート境界や活断層などの断層面上で、ある時に急激にずれて(すべって)地震波を出す領域のうち、通常は強く固着していて、周囲に比べて特にすべり量が大きい領域のこと。

1 列目)にあるアスペリティの影響が大きいことが分かる。

2.3 地震動評価の「不確かさケース」

地震動評価の「不確かさケース」は、「基本ケース」の地震動評価結果をもとに、さらに保守性を確保するため、以下(1)に示すように、初期入力条件である震源特性パラメータをより厳しい結果が出る値に設定すること、又は地震動評価結果そのものを大きくすることを行ったものである。

(1) 地震動評価の「不確かさケース」

地震動評価に大きな影響を与える不確かさを検討した結果、図表 9 に示す「不確かさケース」を設定した。このうち、短周期領域の地震動評価に影響の大きいケースが、新潟県中越沖地震の知見を踏まえた「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」である。また、その他、断層傾斜角の不確かさに伴い地震モーメントが大きくなるケース、断層が敷地の極近傍に位置することを踏まえて短周期の地震動レベルと破壊伝播速度の不確かさを重畳させたケース等を設定した。

(2) 「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」

「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」は、アスペリティ応力降下量⁵を 1.5 倍するのと同じ効果となるように、計算結果である短周期領域の加速度フーリエスペクトルを 1.5 倍にしたものである。「基本ケース」と「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」の地震動評価結果を比較したものを図表 10 に示す。

なお、「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」は、アスペリティ応力降下量を 1.5 倍するのと等価であり、アスペリティ応力降下量と比例関係にある短周期レベル⁶を 1.5 倍することとも等価である。さらに、レシピ(12)式を用いて計算すれば、これは地震モーメントを約 3.4 倍⁷することに相当することがわかる。剛構造で設計されている原子力発電所に対しては、このように「短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケース」は、地震モーメントに換算すると相当の保守性がある。ただし、周期 1 秒程度以上のスペクトルは大きくはならない。

⁵地震によって解放される応力をいう。ここでは、断層運動前後の剪断応力の差をいい、静的応力降下量ともいう。

⁶強震動予測に直接影響を与える短周期領域における加速度震源スペクトルがフラットになるレベル。

⁷レシピ(12)式によると、地震モーメントは短周期レベルの 3 乗に比例するので、 1.5^3 倍となる。

2.4 大飯発電所の基準地震動の審査のまとめ

「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」の地震動評価において、断層の上端深さ、断層の連動（断層長さの増大）及び短周期の地震動レベルといったパラメータを、評価結果が厳しいものになるように設定した結果、地震動評価結果がどのように保守的になったのかを図表 1 1 に示す。

大飯発電所の基準地震動（「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」の地震動評価）の策定に係る審査においては、以上示したとおり、基準地震動が、敷地及び敷地周辺の地域的な特性を踏まえて、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から不確かさを十分に考慮して策定されていることを確認し、妥当なものであると判断している（基準地震動の一覧については、図表 1 2 参照）。

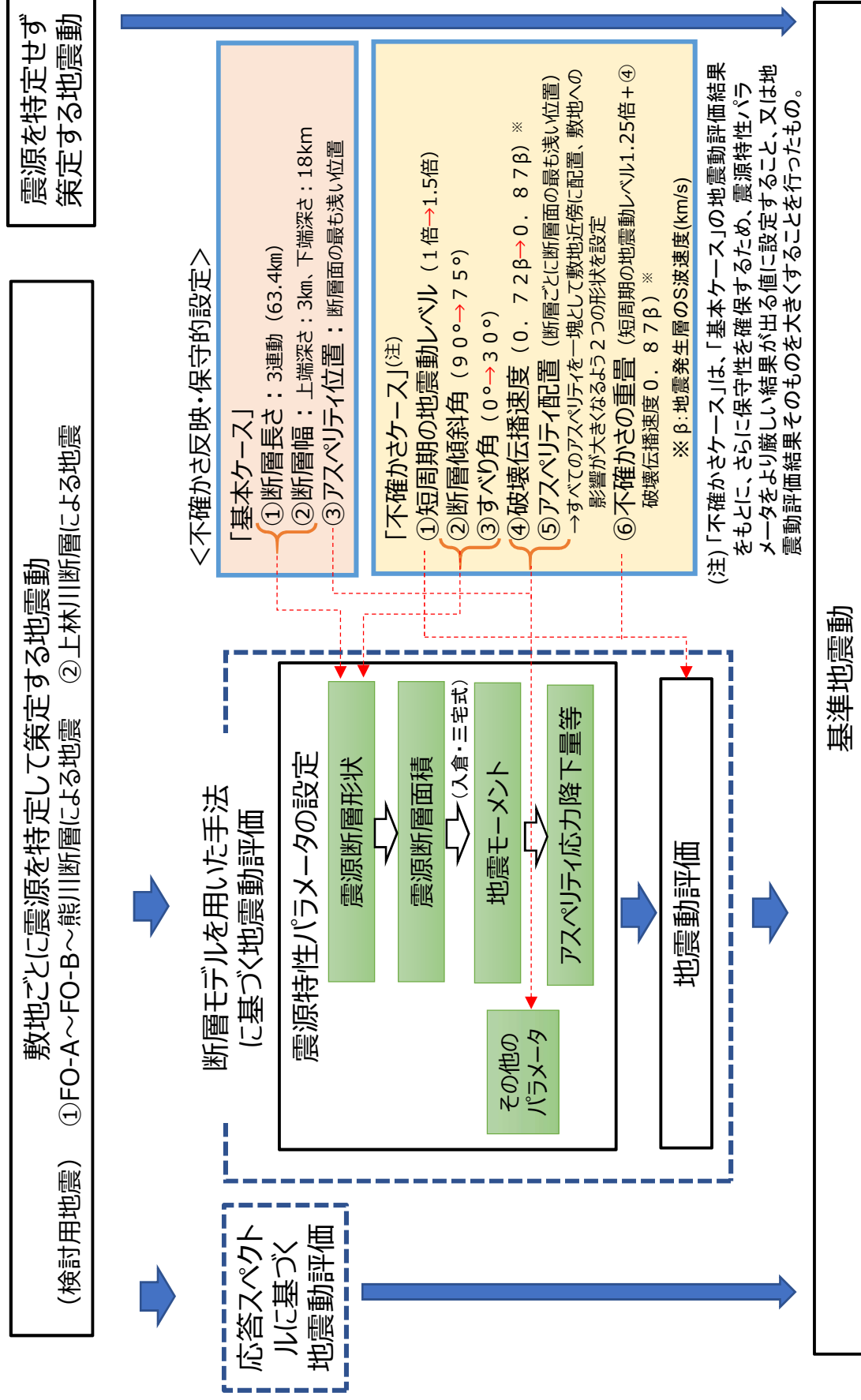
別添資料

- 震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをすることについて（「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」に係る試算）

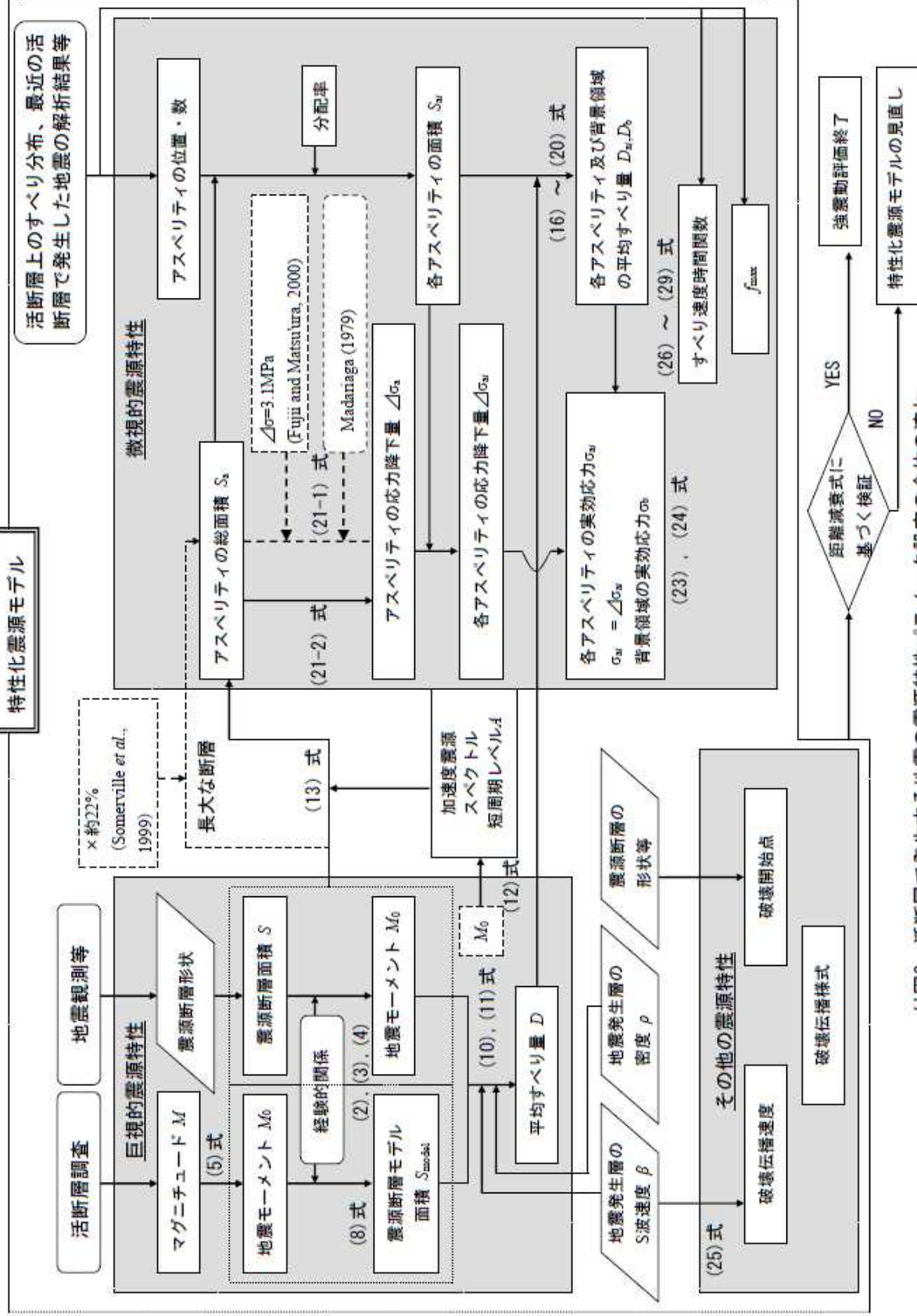
参考資料

- 基準地震動の策定に係る審査について（令和 2 年 1 2 月 1 6 日原子力規制委員会決定）

図表1 大飯発電所の基準地震動の策定について

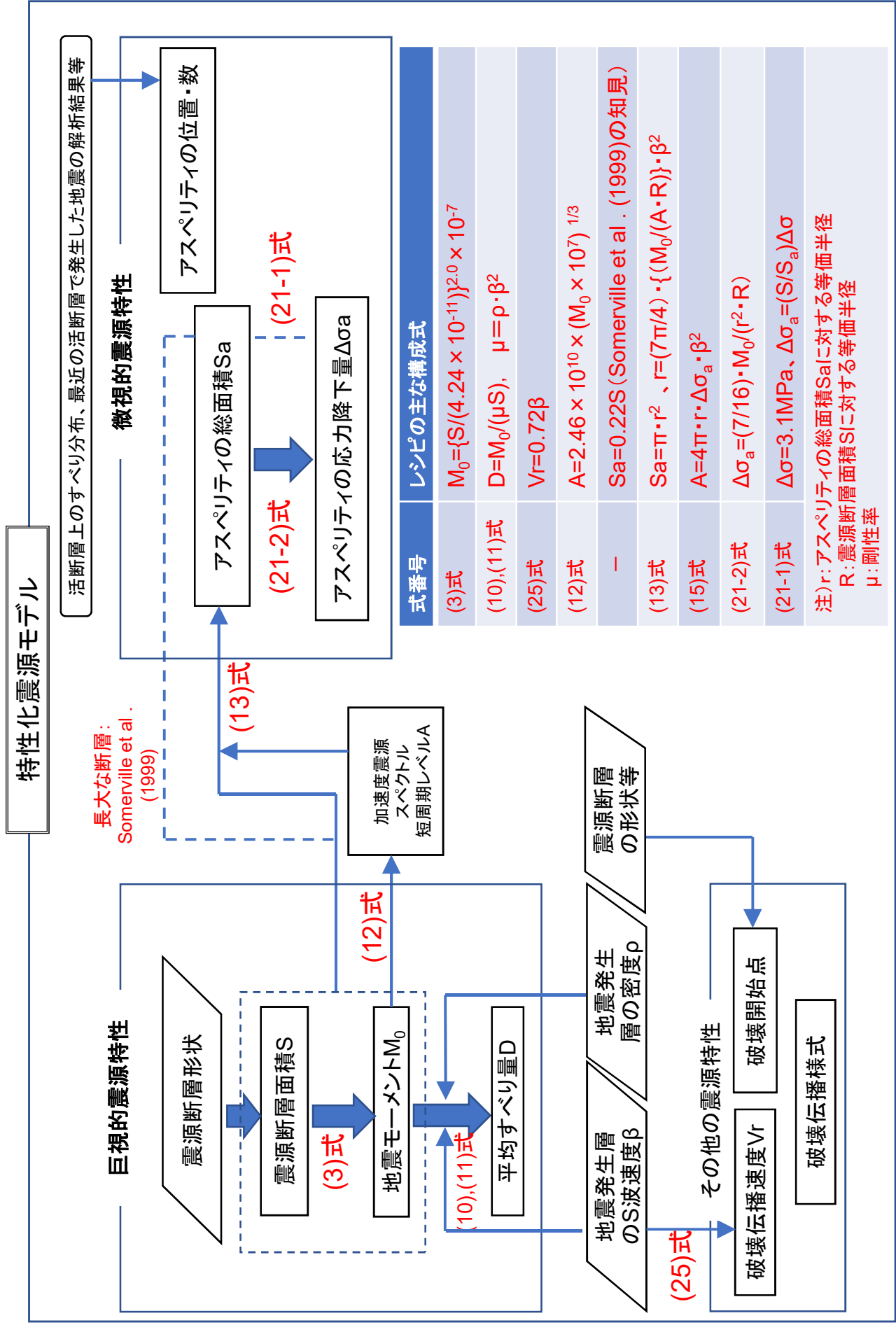


図表2 レシピにおける内陸地殻内地震の
震源特性パラメータ設定フロー



(地震調査研究推進本部地震調査委員会「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」(令和2年(2020年)3月)から抜粋
< https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/recipe.pdf >)

図表3 レシピにおける内陸地殻内地震の
震源特性パラメータ設定フロー（概要）



図表4 「断層長さ及び断層幅」 への不確かさの反映

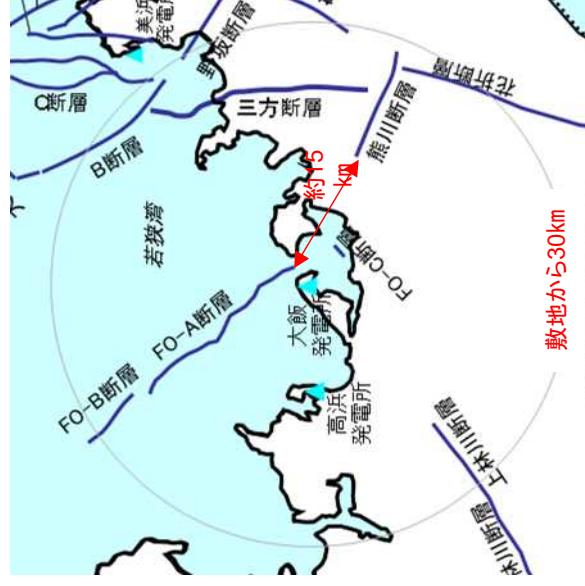
①断層の連動(断層長さ)

○事業者の当初の申請では、「FO-A～FO-B断層」(断層長さ約35km)と「熊川断層」(断層長さ約14km)との間には、約15kmの離隔があったことから連動は考慮されていなかったものの、以下の観点から、両断層を連動(断層長さ約63.4km)させた。

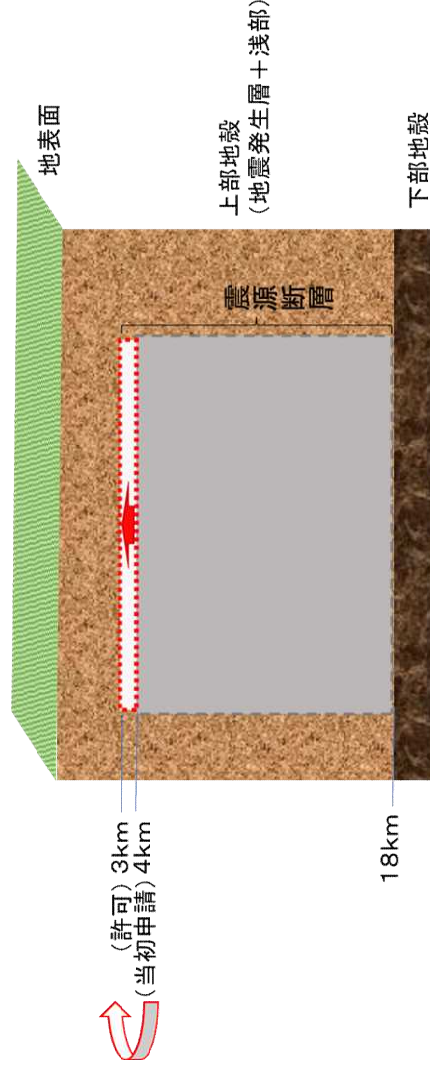
- ・両断層は敷地の前面に位置しており、連動させた場合に地震動評価の影響が大きいこと
- ・両断層の間には断層の有無が不明瞭な区間が相当有り、走向・傾斜等の観点から、連動破壊を否定することが難しいこと

②上端深さ・下端深さ(断層幅)

○上端深さ・下端深さは、事業者の当初の申請では4km・18kmに設定していたが、速度構造や微少地震の発生状況を考慮して、評価結果が厳しくなるように上端深さは3kmに見直した。



若狭湾周辺の主な断層の分布



FO-A～FO-B～熊川断層のモデルの断面図
(断層上端深さの見直し)

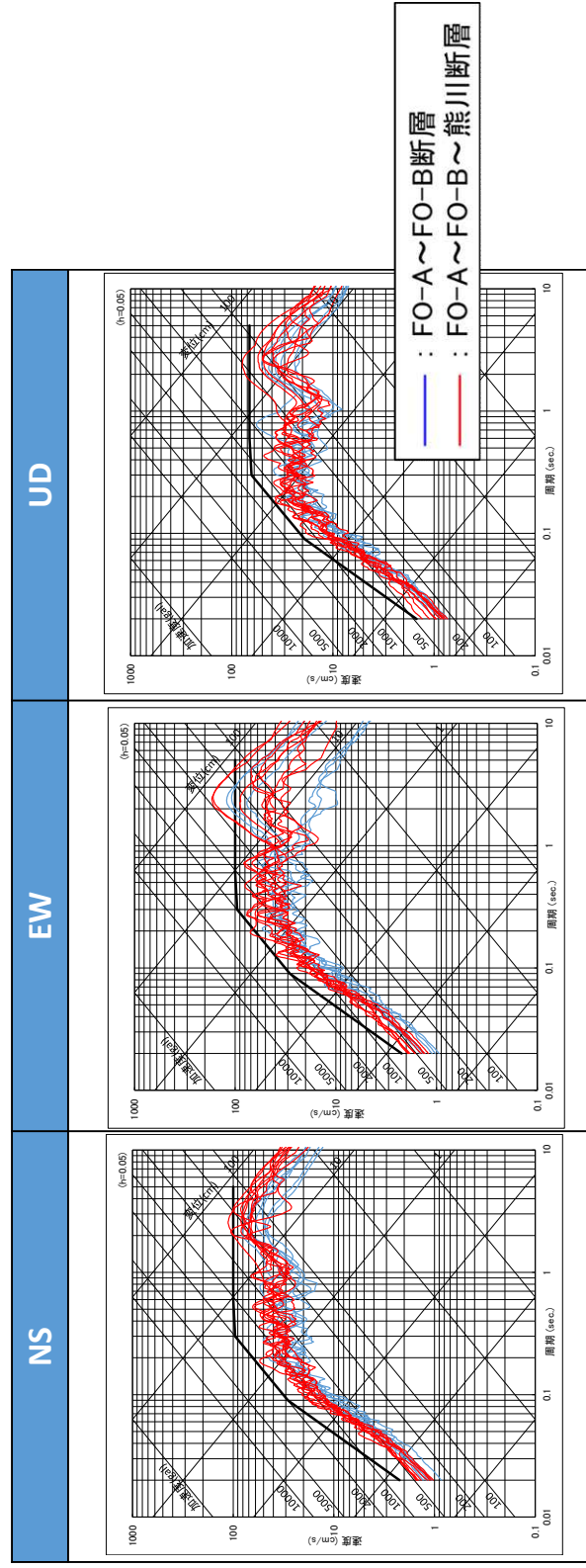
図表5 断層長さ及び断層幅を見直したことによる地震モーメントへの影響
(事業者による当初申請との比較)

審査の過程において、FO-A～FO-B～熊川断層による地震について、断層長さ、断層幅を見直したことにより、審査結果における地震モーメントは、事業者の当初の申請と比較して3.7倍となった。

主な震源特性パラメータ	事業者の当初の申請 FO-A～FO-B断層	審査結果 FO-A～FO-B～熊川断層	審査結果／ 事業者の当初の申請
断層長さ	35.3 km	63.4 km	1.80
断層深さ：上端深さ～下端深さ	4～18 km	3～18 km	
断層幅（傾斜角90° ケース）	14 km	15 km	
震源断層面積	494 km ²	951 km ²	1.92
地震モーメント	1.36 × 10 ¹⁹ Nm	5.03 × 10 ¹⁹ Nm	3.70

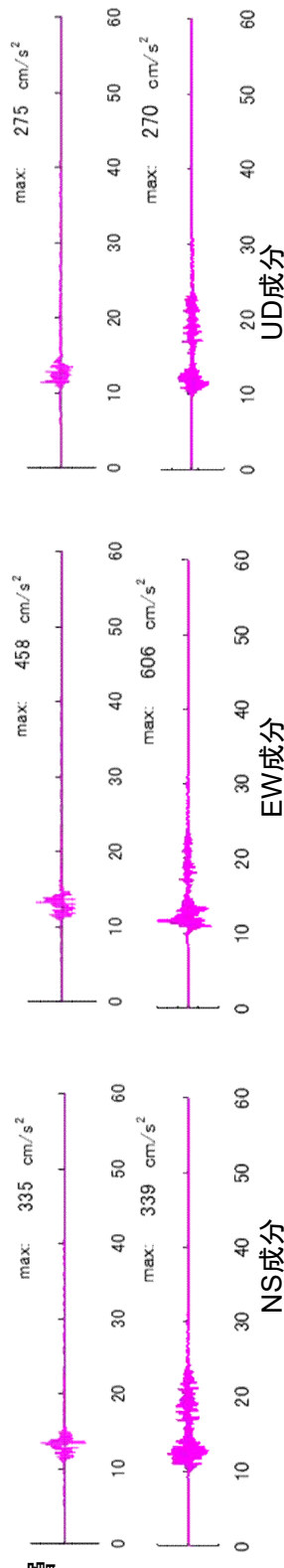
図表6 断層の連動（断層長さの増大）による
地震動評価結果への影響

FO-A～FO-B～熊川断層(3連動)による地震動は、FO-A～FO-B断層(2連動)による地震動に比べ周期全体にわたり大きい傾向である(敷地と断層の位置関係により、各成分に分配される割合は変化する)。
FO-A～FO-B～熊川断層による地震の最大加速度は、破壊開始点②としたケースにおけるEW成分606galである。これは、FO-A～FO-B断層による地震の最大加速度458galの約1.32倍であった。



FO-A～FO-B断層
(破壊開始点②)

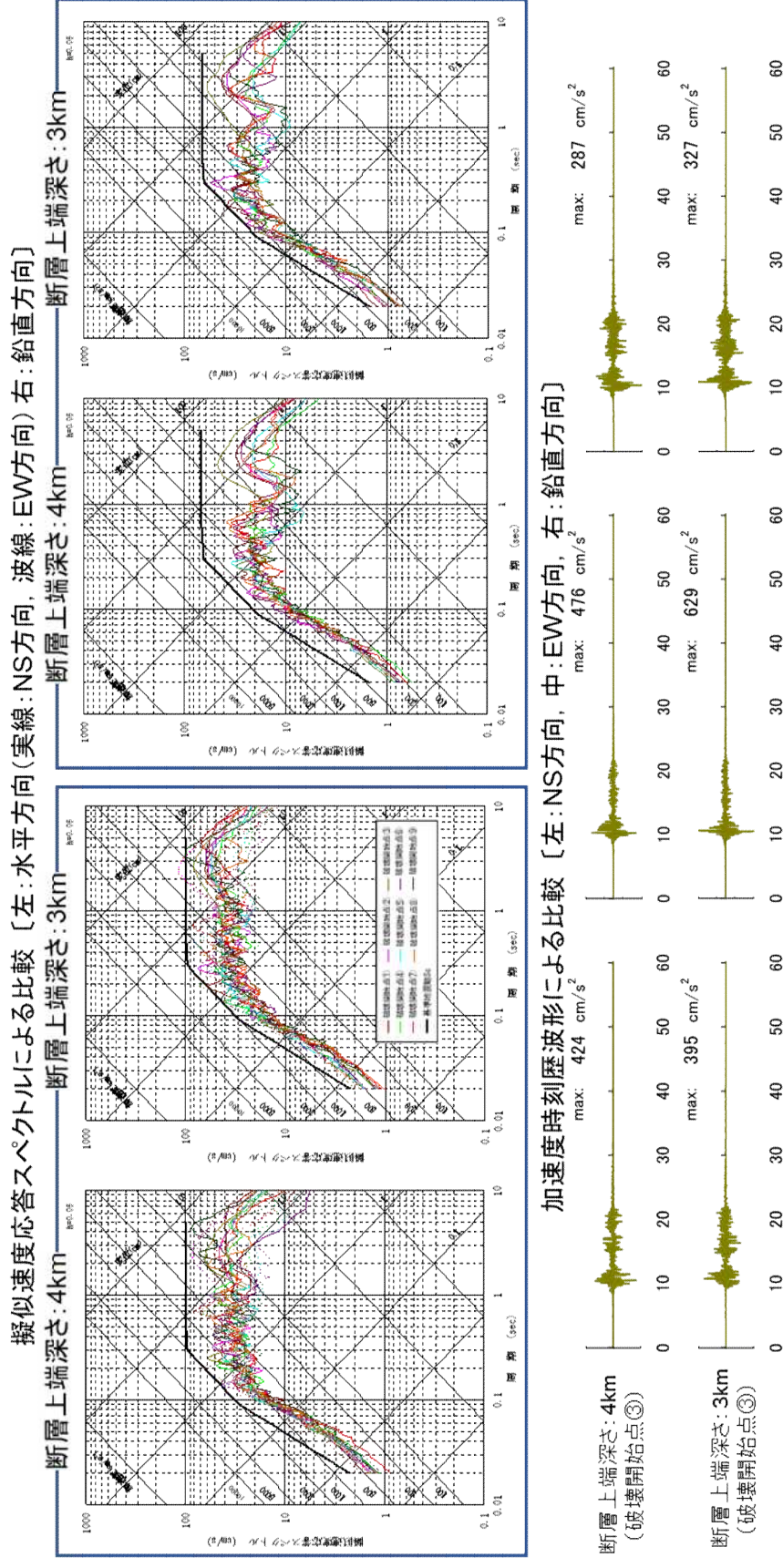
FO-A～FO-B
～熊川断層
(破壊開始点②)



(関西電力(株)大飯発電所3、4号炉審査資料(平成29年1月13日提出資料)から抜粋、引用
< <https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11242280/www.nsr.go.jp/data/000179055.pdf> >)

図表7 断層上端深さの見直し（断層幅の増大）による地震動評価結果への影響

FO-A～FO-B～熊川断層（3連動）による地震動（ただし、事業者の当初の申請時の評価であり、参考扱い）は、断層上端深さ4kmを基本とし、不確かさとして断層上端深さ3kmを評価していた。断層上端深さを3kmとした際の地震動評価結果の最大加速度は、破壊開始点③ケースにおけるEW成分の629galで、断層上端深さを4kmとした際の地震動評価値476galの約1.32倍であった。これは、上端深さを4kmから3kmに変更することにより震源断層面積が大きくなることの影響よりも、アスペリティの位置が敷地に近づくことの影響が大きい。

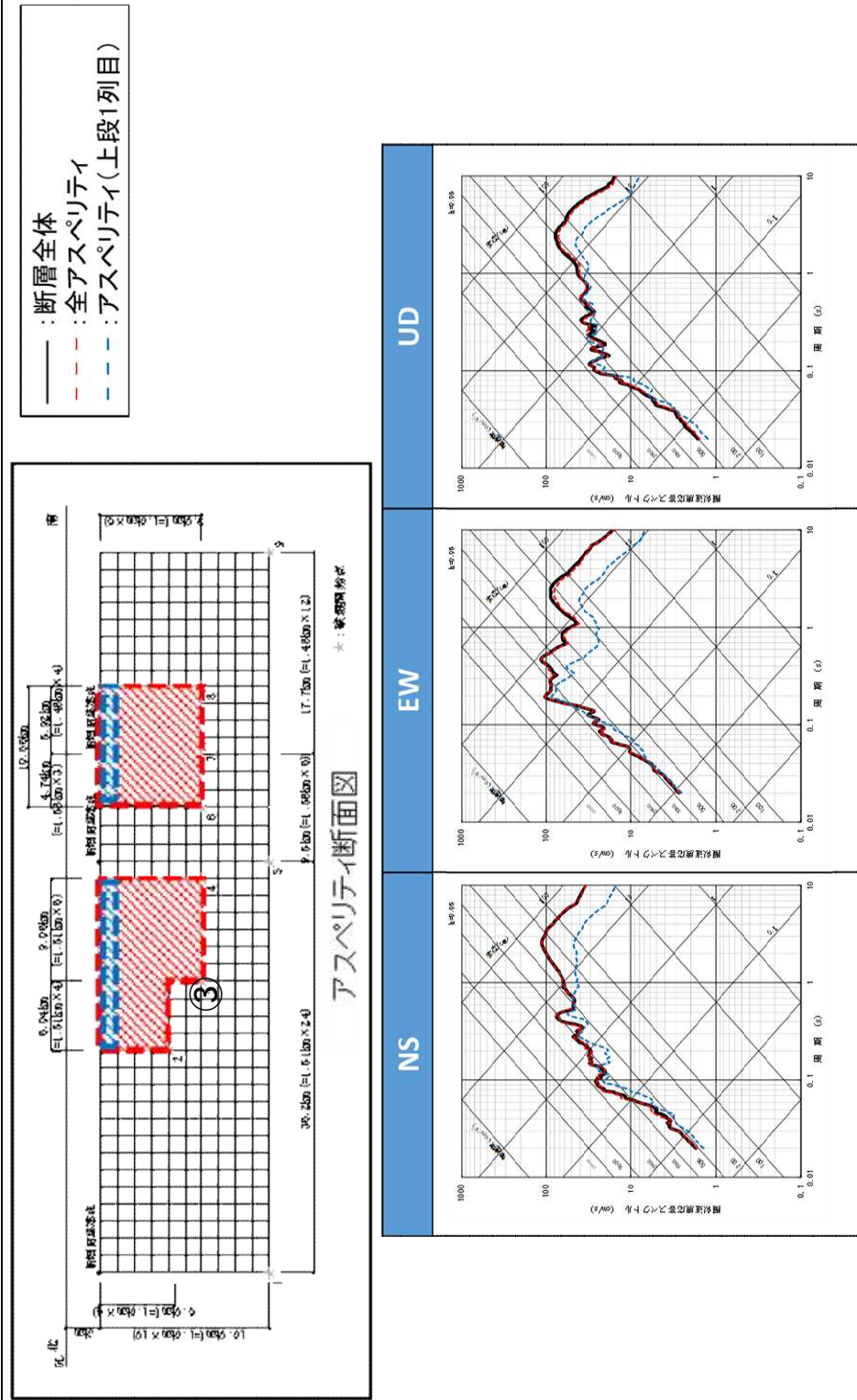


※：平成25年7月8日申請時点の評価であり、許可前補正申請時点（平成29年4月24日）とは地震動評価に用いる地下構造モデルが異なっているため、地震動評価結果も異なっていることに注意
（関西電力（株）大飯原子力発電所3、4号炉審査資料 第59回審査会合資料（平成25年12月18日）資料2-3から抜粋、引用、加筆
< <https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10953979/www.nsr.go.jp/data/000034943.pdf> >）

図表8 アスぺリティの断面図及び地震動評価結果への影響度

敷地での地震動が厳しいものになるよう、「基本ケース」において、地震動評価結果に大きく影響するアスぺリティを断層面の最も浅い位置に配置した。

FO-A~FO-B~熊川断層(短周期の地震動レベルを1.5倍したケース;破壊開始点③)の地震動評価結果について、領域毎の地震動評価結果への影響度を分析すると、最も浅部に位置するアスぺリティ(上段1列目)の影響が大きく、特に短周期領域で顕著になっていることが分かる。



(関西電力(株)大飯発電所3、4号炉審査資料(平成29年1月13日提出資料)から引用、加筆
<<https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11242280/www.nsr.go.jp/data/000179055.pdf>>)

図表9 地震動評価の「不確かさケース」

FO-A～FO-B～熊川断層の地震動評価ケース

評価ケース	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	レシピに基づく	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 (新潟県中越沖地震の知 見を反映)	基本ケース×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	基本ケースに同じ	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	基本ケースに同じ	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	基本ケースに同じ	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	基本ケースに同じ	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に 一塊(正方形)	5箇所
	基本ケースに同じ	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に 一塊(長方形)	5箇所
	基本ケース×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
短周期の地震動レベルおよび破壊伝播速度 V_r の不確かさの組合せを考慮						

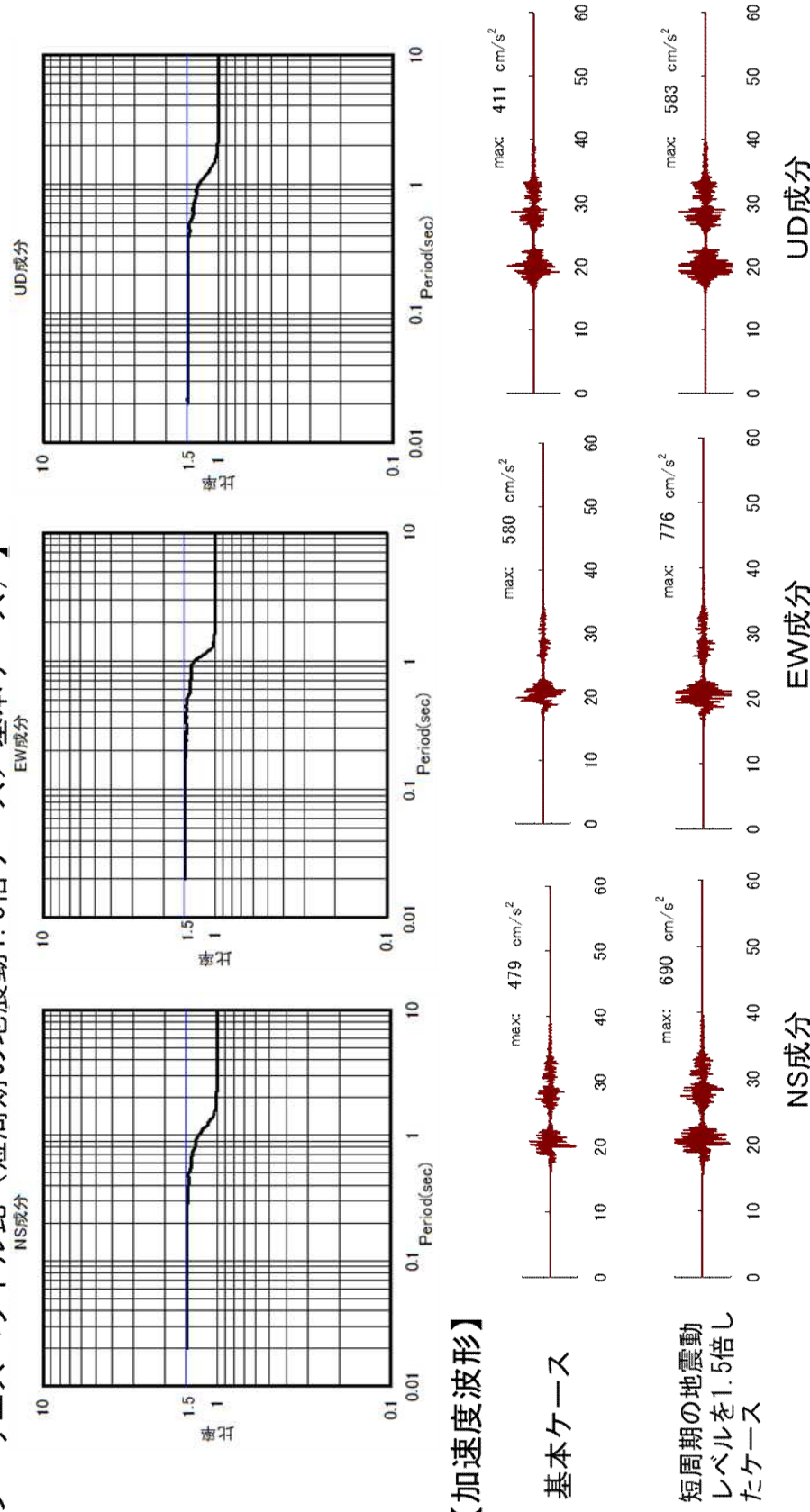
: 不確かさを独立して考慮するパラメータ
 : 不確かさを重畳して考慮するパラメータ

(関西電力(株)大飯発電所3、4号炉審査資料(平成29年4月14日提出資料)から抜粋、引用、加筆<<https://www2.nsr.go.jp/data/000194032.pdf>>)

図表10 短周期の地震動レベルを1.5倍したケース

「短周期の地震動レベルを1.5倍したケース」は、計算結果である短周期領域の加速度フーリエスペクトルを1.5倍にしたものである。これにより、地震波の最大加速度もおおむね1.5倍程度となる。

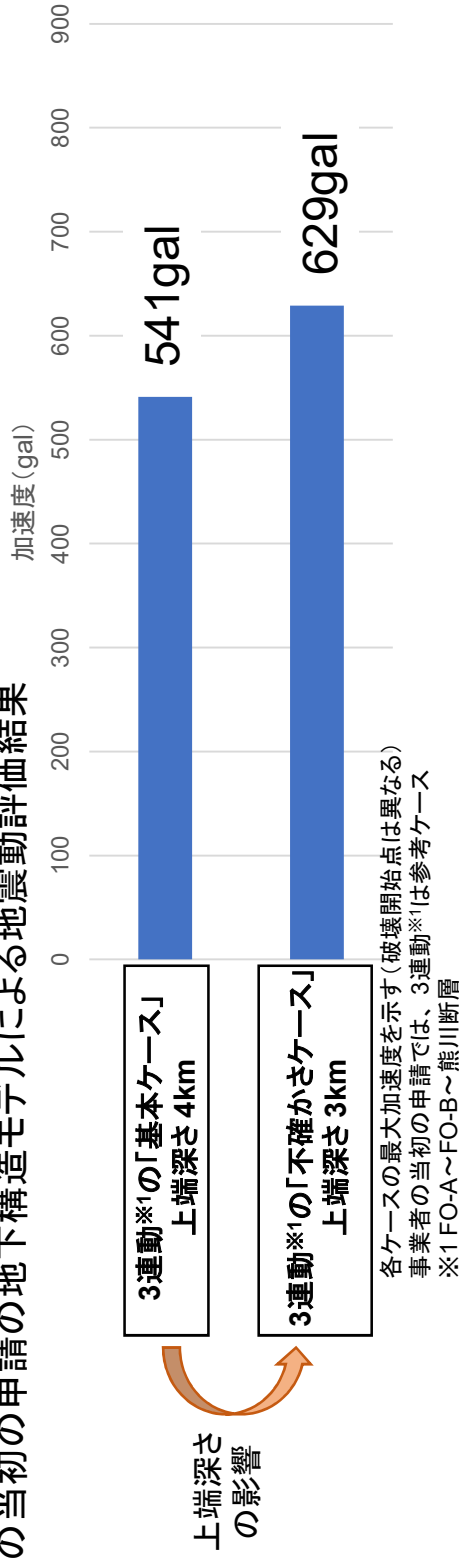
【フーリエスペクトル比（短周期の地震動1.5倍ケース／基本ケース）】



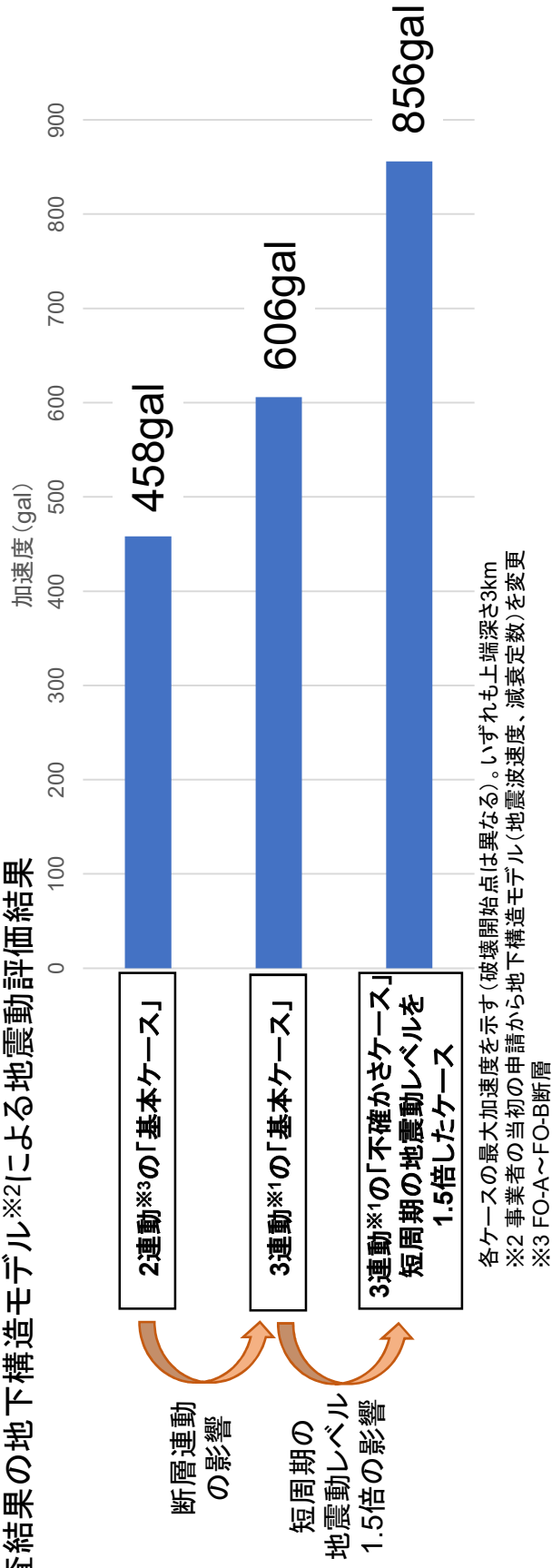
図表11 断層の上端深さ、断層の連動、短周期の地震動レベルにかかる
不確かさを反映したことによる地震動評価結果（最大加速度）

断層の上端深さ、断層の連動及び短周期の地震動レベルについて、評価結果が厳しいものになるように
設定した結果、最大加速度の値が大きくなり、保守的な評価となった。

事業者の当初の申請の地下構造モデルによる地震動評価結果



審査結果の地下構造モデル※2による地震動評価結果



図表12 大飯発電所の基準地震動の審査のまとめ

大飯発電所の基準地震動の策定に係る審査においては、基準地震動が、敷地及び敷地周辺の地域的な特性を踏まえて、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から不確かさを十分に考慮して策定されていることを確認し、妥当なものであると判断している。

■ 基準地震動の最大加速度

	基準地震動	(cm/s ²)		
		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・賀様ダムの観測記録	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		
Ss-19		320		

震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをすることについて（「F0-A～F0-B～熊川断層による地震」に係る試算）

ここでは、「F0-A～F0-B～熊川断層による地震」を例にして、レシピの入倉・三宅式を用いて震源断層面積から地震モーメントを計算する際に、仮に何らかの値を上乗せした場合の影響について考察する。なお、本文の説明でも明らかなおとおり、実際の審査では、レシピの入倉・三宅式による計算結果の地震モーメントに数値を上乗せするようなことは行っていない。

入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの値を上乗せした場合、レシピの震源特性パラメータ設定フローによると、短周期レベルの値が大きくなり、これに伴い、特に短周期領域における地震動の大きさに寄与するアスペリティ総面積とアスペリティ応力降下量に影響を及ぼす。

震源断層面積から計算した地震モーメントに、上乗せする値を2ケース（50%上乗せと100%上乗せ、倍率にすると1.5倍と2倍）設定し、その影響について試算した。上乗せの設定イメージを別添図表1に、試算結果を別添図表2に示す。試算結果から、以下のことが言える。

- ・地震モーメントへの上乗せにより、震源断層面積に占めるアスペリティ総面積の比が60%を超え、レシピで参照している知見に反する。また、レシピに従うと、アスペリティのすべり量は平均すべり量の2倍としているため、背景領域のすべり量が負となり、震源モデルに破綻が生じる。
- ・地震モーメントへの上乗せによるアスペリティ総面積の増分の影響が大きく、アスペリティ応力降下量は小さくなる。剛構造で設計されている原子力発電所への影響が大きい短周期領域の地震動の大きさは、主に①断層及びアスペリティと敷地との距離、②アスペリティ応力降下量、③アスペリティ総面積の関係で決まる。アスペリティ総面積が増えアスペリティ応力降下量が小さくなる場合、面積の増分は敷地からの距離が遠くなるアスペリティの側面と下端が中心となることから、断層と敷地の距離が近い大飯発電所の場合は、短周期領域の地震動は小さくなる。
- ・仮に震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをすると、レシピに従えば円形破壊面を仮定したスケーリング則が適用されず、アスペリティ総面積の占める割合は断層総面積の22%とすることになり、アスペリティ応力降下量は14.1MPaとなる。この場合、短周期領域の地震動については、入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モ

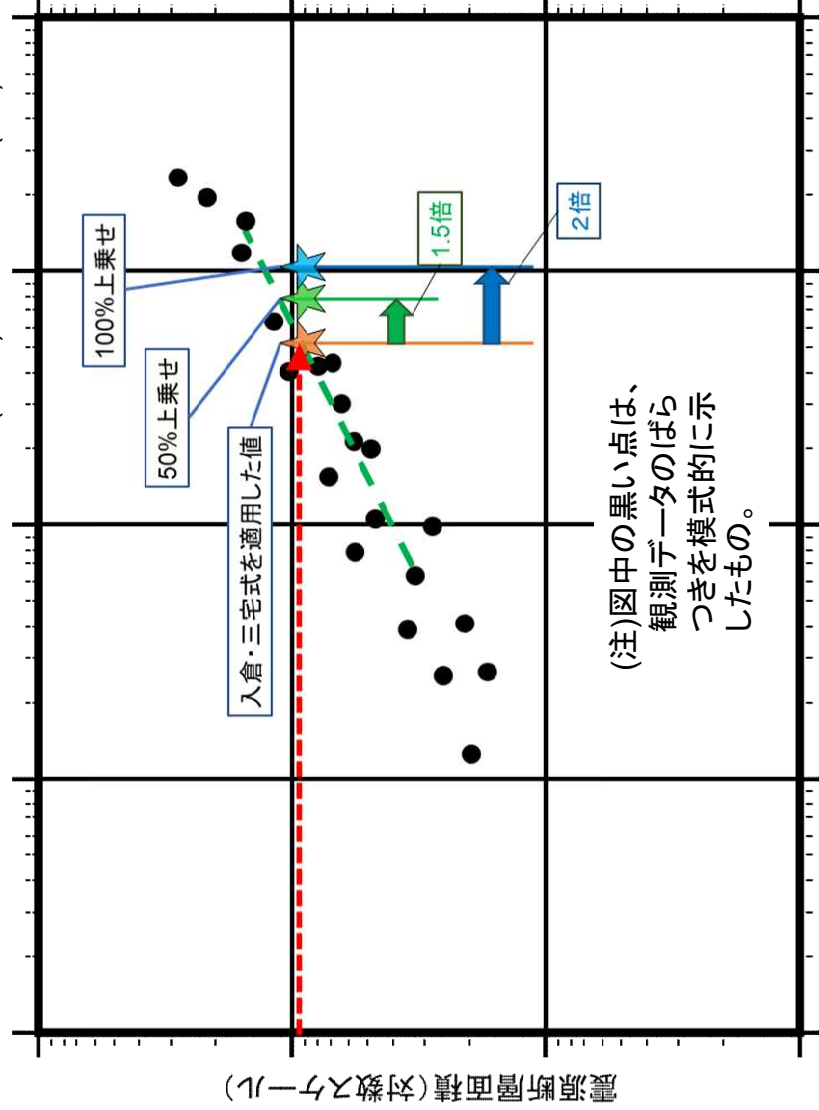
ーメントをそのまま用いる場合とほとんど変わらない結果となる。すなわち、入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをする操作を行うことは、基準地震動の策定において必ずしも厳しい側に評価することにつながらない。

別添図表1 入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントに 何らかの値を上乗せする操作について

試しに、経験式である入倉・三宅式 $M_0 = \left(\frac{S}{4.24} \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7}$ を用いて、震源断層面積から計算した地震モーメント M_0 に、何らかの値を上乗せする操作を行うとすれば、図のように震源断層面積一定のもと、地震モーメントの値を求めることになり、経験式により求まる値から外れていくことになる。

入倉・三宅式に基づき震源断層面積から地震モーメントを求める概念図

[震源断層面積を固定して、地震モーメントを50%上乗せ(1.5倍)、100%上乗せ(2倍)にした場合]



地震モーメント (対数スケール)

別添図表2 地震モーメントに何らかの値を上乗せした場合の試算結果

- 地震モーメントへの上乗せにより、震源断層面積に占めるアスペリティ総面積の比が60%を超え、レシピアで参照している知見に反する。また、レシピアに従うと、アスペリティのすべり量は平均すべり量の2倍としているため、背景領域のすべり量が負となり、震源モデルに破綻が生じる。
- 地震モーメントへの上乗せによるアスペリティ総面積の増分の影響が大きく、アスペリティ応力降下量は小さくなる。断層と敷地の距離が近い大飯発電所の場合は、短周期領域の地震動は小さくなる。
- 仮に震源断層面積から計算した地震モーメントに何らかの上乗せをすると、レシピアに従えば円形破壊面を仮定したスケーリング則が適用されず、アスペリティ総面積の占める割合は断層総面積の22%とすることになり、アスペリティ応力降下量は14.1MPaとなる。この場合、短周期領域の地震動については、入倉・三宅式を用いて震源断層面積から計算した地震モーメントをそのまま用いる場合とほとんど変わらない結果となる。

	入倉・三宅式による地震モーメントに従ったベース	上乗せケース(1) (50%上乗せ)	上乗せケース(2) (100%上乗せ)
1. 地震モーメント M_0 [Nm]の算出 $M_0 = \left(\frac{S}{4.24} \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7}$	$\left(\frac{951}{4.24} \times 10^{11} \right)^2 \times 10^{-7}$ $= 5.03 \times 10^{19} \text{ Nm}$	$5.03 \times 10^{19} \text{ Nm}$ $\times 150 \%$ $= 7.55 \times 10^{19} \text{ Nm}$	$5.03 \times 10^{19} \text{ Nm}$ $\times 200 \%$ $= 1.01 \times 10^{20} \text{ Nm}$
2. アスペリティ総面積 S_a [km]の算出 (アスペリティ面積比 S_a/S の算出) $S_a = \pi r^2, r = \left(\frac{7\pi}{4} \right) \cdot \left\{ \frac{M_0}{A \cdot R} \right\} \cdot \beta^2, A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	348.3 km ² (36.6 %) 209.22 km ² ※ (22.2 %)	598.1 km ² (62.9 %)	877.8 km ² (92.3 %)
3. アスペリティ応力降下量 $\Delta\sigma_a$ [Pa]の算出 $\Delta\sigma_a = \left(\frac{S}{S_a} \right) \cdot \Delta\sigma$	$\Delta\sigma_a = \left(\frac{1}{0.366} \right) \times 4.18$ $= 11.4 \text{ MPa}$ [S_a/S が22%の場合は14.1MPa]	$\Delta\sigma_a = \left(\frac{1}{0.629} \right) \times 6.27$ $= 10.0 \text{ MPa}$	$\Delta\sigma_a = \left(\frac{1}{0.923} \right) \times 8.36$ $= 9.1 \text{ MPa}$
4. 背景領域のすべり量 D_b [m]の算出 $D_b = (D_{av} - D_a \cdot S_a/S) / (1 - S_a/S); D_{av} = M_0 / \mu S$	$D_b = \frac{1.511 - 3.023 \times 0.366}{1 - 0.366}$ $= 0.638 \text{ m}$	$D_b = \frac{2.267 - 4.534 \times 0.629}{1 - 0.629}$ $= -1.576 \text{ m}$	$D_b = \frac{3.023 - 6.046 \times 0.923}{1 - 0.923}$ $= -33.21 \text{ m}$

※ レシピアに従えば、長大断層の場合、 $S_a/S=22\%$ とすることになっており、事業者の申請もそれに従っている。

与条件) 震源断層面積 $S: 951 \text{ km}^2$ (長さ $L: 63.4 \text{ km}$, 幅 $W: 15 \text{ km}$) S 波速度 $\beta: 3.6 \text{ km/s}$

基準地震動の策定に係る審査について

令和 2 年 1 2 月 1 6 日
原子力規制委員会

1. 基準地震動の策定に係る審査の基本的考え方

- 基準地震動の策定に係る審査は、設置許可基準規則¹及びその解釈²に適合するか否かを地震ガイド³を参照しながら行うものであり、基準地震動が、地震動評価に大きな影響を与えると考えられる不確かさを考慮して適切に策定されていることを、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から判断している。
- この基準地震動の策定過程において用いられる地震モーメントは、経験式を用いて求められることがある。複雑な自然現象の観測データにばらつきが存在するのは当然であり、経験式とは、観測データに基づいて複数の物理量等の相関を式として表現するものである。
- 内陸地殻内地震の地震動評価で一般的に用いられている経験式は、入倉・三宅式である。同式は、震源断層面積と地震モーメントとの関係を一意的に示す経験式であり、強震動予測レシピ⁴を構成する関係式の一つである。強震動予測レシピを用いて地震動評価を行う場合には、強震動予測レシピに示された関係式及び手順に基づいて行っていることを審査で確認している。また、その際、強震動予測レシピに示されていない方法をとる場合には、その方法に十分な科学的根拠を要する。
- 審査では、入倉・三宅式を用いて地震モーメントを計算する際、式の基となった観測データのばらつきを反映して計算結果に数値を上乗せする方法は用いていない。このような方法は、強震動予測レシピで示された方法ではなく、かつこのような方法の科学的根拠を承知していないからである。

¹ 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）

² 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定）

³ 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定）

⁴ 震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（地震調査推進本部 地震調査委員会）

○基準地震動の策定に係る審査においては、以上のような考え方により、総合的な観点から、基準地震動の妥当性を判断することとしている。

2. 大飯発電所の基準地震動の策定に係る審査

○大飯発電所の基準地震動（「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」の地震動評価）の策定に係る審査においては、基準地震動が、1. に示した基本的考え方に基づき、敷地及び敷地周辺の地域的な特性を踏まえて、地震学及び地震工学的見地に基づく総合的な観点から不確かさを十分に考慮して策定されていることを確認し、妥当なものであると判断している。

○具体的には、震源断層面積の設定にあたっては、「FO-A～FO-B 断層」と「熊川断層」との間には、約 15km の離隔があるものの、敷地の前面に位置しており連動させた場合に地震動評価への影響が大きいことなどから、連動を考慮して震源断層の長さを保守的に設定していること、震源断層の上端・下端から求まる震源断層幅も保守的に設定していることを確認している。入倉・三宅式を適用して求められた「FO-A～FO-B～熊川断層による地震」の地震モーメントは、その結果、十分に保守的なものとなっている。

○この地震モーメントを用いた基本ケースの地震動評価においては、地震動評価に大きく影響するアスペリティを断層浅部に設定していること、さらに不確かさケースとして、短周期の地震動レベルを 1.5 倍としたケース、断層傾斜角の不確かさに伴い地震モーメントが大きくなるケース、断層が敷地の極近傍に位置することを踏まえ不確かさを重畳させたケース等を設定していることなど、各種の不確かさを十分に反映した地震動評価を行っていることを確認している⁵。

⁵設置許可基準規則の解釈別記 2 第 4 条第 5 項では、不確かさを考慮して地震動評価を行い、基準地震動を策定することを要求している。また、地震ガイドの「1.1 目的」の「図 - 1 基準地震動の策定に係る審査フロー」でも同様の記載がある。